

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA Y SU
RELACIÓN CON EL FLUJO VEHICULAR EN ZONAS DE USO
ESPECIAL EN EL DISTRITO DE CUSCO, 2025**

PRESENTADO POR:

Br. JEAN DEYVIS SALLO TTITO

Br. JULIO GREGORY MARQUEZ CALLOQUISPE

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESORA: Ph. D. Ing. AIDA ZAPATA MAR

CUSCO - PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor PhD. Ing. AIDA ZAPATA MAR
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN
ACÚSTICA Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO VEHICULAR
EN ZONAS DE USO ESPECIAL EN EL DISTRITO DE
CUSCO, 2025

Presentado por: JEAN DEYUIS SALLO TTITO DNIN° 75893159;
presentado por: JULIO GREGORY MARQUEZ CAUQUISPE DNIN°: 71489989
Para optar el título Profesional/Grado Académico de
INGENIERO CIVIL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a
grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 12 de junio de 2026

Aida Zapata de Gamio
Firma

Post firma AIDA ZAPATA MAR

Nro. de DNI 46939604

ORCID del Asesor 0000-0002-5500-0134

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:599494585

SALLO-MARQUEZ

EVALUACION DEL NIVEL DE PRESION ACUSTICA Y SU RELACION CON EL FLUJO VEHICULAR EN ZONAS DE USO ES...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:599494585

Fecha de entrega

12 jun 2026, 10:29 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

12 jun 2026, 10:51 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS FINAL SALLO MARQUEZ.docx

Tamaño del archivo

78.0 MB

281 páginas

32.827 palabras

173.963 caracteres

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- Trabajos entregados

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
7423 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis amados padres, Gregorio Márquez y Maricela Calloquispe, por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y la paciencia con la que me acompañaron. Gracias a su apoyo constante y a la confianza que depositaron en mí, hoy culmino esta meta tan importante en mi vida. Asimismo, a mi querido tío, Ing. Aniceto Márquez, cuyo ejemplo e inspiración marcaron el camino que me condujo a elegir la carrera de Ingeniería Civil. Este logro también es de ustedes, y lo comparto con inmensa gratitud y orgullo.

Bach. Julio Gregory Márquez Calloquispe

Dedico esta tesis a mis amados padres, Mario Justino Sallo Sallo y Vilma Ttito Quispe, por su amor incondicional, su esfuerzo y los valores que me inculcaron desde pequeño. Gracias por ser mi guía y mi mayor inspiración en cada paso de mi vida. Asimismo, a mis abuelos, que con su sabiduría y cariño me acompañaron en este camino. Su ejemplo de trabajo y perseverancia siempre será mi motivación para seguir adelante.

Bach. Jean Deyvis Sallo Ttito

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por haberme dado la sabiduría, salud y fortaleza para ingresar y culminar esta hermosa carrera, siendo mi guía y mi refugio en los momentos más complicados. A mis padres, por confiar en mí desde el inicio y por motivarme a no rendirme ante cualquier dificultad. Gracias a su dedicación y sacrificio, aprendí a perseverar y a luchar por mis sueños. A mis familiares y amigos, por preocuparse por mí en todo momento, brindándome ánimo, compañía y apoyo cuando más los necesité. De igual forma, a mi enamorada, Celeste Jordan, por creer en mí y acompañarme de manera paciente e incondicional durante este proceso. A mi asesora de tesis, PhD. Ing. Aida Zapata Mar, por su orientación y dedicación durante esta investigación, sus aportes y observaciones fueron fundamentales para culminar con éxito este trabajo. De la misma manera, agradecer a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de nuestra prestigiosa casa de estudios, quienes, con sus enseñanzas, contribuyeron de manera significativa a mi formación académica y profesional.

Bach. Julio Gregory Márquez Calloquispe

En primer lugar, agradezco a Dios, por brindarme la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante en mi vida. A mis padres, por su esfuerzo constante y por ser el ejemplo más grande de perseverancia y trabajo. Gracias por creer en mi incluso cuando yo dudaba, por sus consejos, su paciencia y por haberme brindado todo lo necesario para alcanzar mis metas.

A los ingenieros de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco quienes inculcaron en mí no solo conocimientos técnicos, sino también principios morales y profesionales que me acompañarán a lo largo de mi carrera. Extiendo también mi más sincero agradecimiento a ellos. A mi asesora de tesis PhD. Ing. Aida Zapata Mar, gracias por su asesoría y paciencia a lo largo de esta investigación; sus correcciones y contribuciones fueron esenciales para finalizar este trabajo con éxito. Por último, a mis amigos y compañeros, por su camaradería, por estar ahí en los instantes difíciles y por el cúmulo de vivencias compartidas durante estos años de formación universitaria.

Bach. Jean Deyvis Sallo Ttito

RESUMEN

La investigación titulada “Evaluación del nivel de presión acústica y su relación con el flujo vehicular en zonas de protección especial en el distrito de Cusco, 2025” tuvo como objetivo analizar la influencia del tránsito vehicular en la generación de ruido ambiental. El estudio se realizó en 20 puntos de monitoreo estratégicamente ubicados en zonas de uso especial del distrito de Cusco, donde se localizan centros educativos y establecimientos de salud, espacios que requieren condiciones adecuadas de confort acústico para garantizar el bienestar de sus usuarios.

La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel correlacional, con un diseño no experimental y de corte transversal. Para la recolección de datos se utilizó un sonómetro de clase 1 para medir los niveles de presión sonora y se efectuó un conteo vehicular manual en horarios de mañana, tarde y noche. Los datos fueron procesados mediante Excel y R, aplicando pruebas estadísticas como Kruskal-Wallis y correlación de Pearson.

Los resultados demostraron una relación positiva y significativa entre el flujo vehicular y el nivel de ruido ambiental, evidenciando además que los niveles registrados superan los límites establecidos por la normativa peruana vigente para zonas de uso especial.

Palabras claves: Flujo vehicular, Nivel de presión acústica, Ruido ambiental, Zonas de uso especial.

ABSTRACT

This research, entitled “Evaluation of Sound Pressure Levels and Their Relationship with Vehicular Traffic in Special Protection Zones in the District of Cusco, 2025,” aimed to analyze the influence of vehicular traffic on ambient noise generation. The study was carried out at 20 monitoring points strategically located in special-use areas of the district of Cusco, including educational institutions and healthcare centers, where adequate acoustic comfort is essential for the well-being, safety, and performance of users.

The research adopted a quantitative, applied, and correlational approach, with a non-experimental and cross-sectional design. Sound pressure levels were measured using a Class 1 sound level meter, while vehicular flow was determined through manual traffic counts conducted during morning, afternoon, and evening periods. The collected data were processed using Excel and R software, and inferential statistical analyses, including the Kruskal–Wallis test and Pearson’s correlation coefficient, were applied to evaluate differences and relationships between the study variables.

The findings revealed a strong and statistically significant positive relationship between vehicular traffic flow and ambient noise levels. In addition, the recorded sound pressure levels exceeded the maximum daytime limit of 50 dB(A) established by Supreme Decree No. 085-2003-PCM for special-use zones. These results underscore the importance of implementing effective urban planning, traffic management, and noise mitigation strategies in acoustically sensitive areas.

Keywords: Vehicular traffic flow, Sound pressure level, Environmental noise, Special-use zones

ÍNDICE

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1. Situación Problemática	19
1.2. Formulación del Problema	20
1.2.1. Problema General	20
1.2.2. Problemas Específicos	20
1.3. Justificación de la Investigación	21
1.3.1. Justificación teórica	21
1.3.2. Justificación Metodológica	21
1.3.3. Justificación Práctica	22
1.3.4. Justificación Social	22
1.3.5. Justificación Ambiental	23
1.4. Objetivos de la Investigación.....	24
1.4.1. Objetivo General	24
1.4.2. Objetivos específicos.....	24
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes de Estudios.....	25
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	25
2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.1.3. Antecedentes locales	28
2.2. Fundamentos Teóricos.....	29
2.2.1. Sonido	29
2.2.2. Fuente sonora	30
2.2.3. Medio de Propagación	30
2.2.4. Receptor	31
2.2.5. Propiedades físicas del sonido	31
2.2.6. Cualidades del sonido	38
2.2.7. Parámetros empleados en la medida del sonido	38
2.2.8. Fenómenos de la propagación del sonido.....	40
2.2.9. Factores que influyen en la propagación del sonido	46

2.2.10.	Percepción del sonido	52
2.2.11.	Ruido	56
2.2.12.	Tipos de ruido	57
2.2.13.	Índices de medición de ruido ambiental	58
2.2.14.	Instrumentación de medición	60
2.2.15.	Contaminación sonora	61
2.2.16.	Estándares de Calidad Ambiental para Ruido (ECA)	62
2.2.17.	Ruido producido por el flujo vehicular	66
2.2.18.	Mapas de Ruido	70
2.2.19.	Organismos de Gestión del Ruido Ambiental en Perú.....	71
2.3.	Normatividad	74
CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES		75
3.1.	Hipótesis	75
3.1.1.	Hipótesis general.....	76
3.1.2.	Hipótesis específicas	76
3.2.	Variables	76
3.2.1.	Identificación de variables.....	76
3.2.2.	Operacionalización de variables.....	77
3.2.3.	Delimitación de la investigación.....	80
4.	CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	83
4.1.	Tipo de Investigación	83
4.2.	Nivel de Investigación	83
4.3.	Diseño de Investigación	83
4.4.	Trabajo de campo	84
4.4.1.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	84
4.4.2.	Validez y Confiabilidad de Instrumentos	85
4.4.3.	Equipos - Herramientas.....	86
4.4.4.	Procedimiento de Recolección de datos	89
4.5.	Flujograma de Investigación	98
CAPÍTULO V: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		99
5.1.	Resultados de la medición del nivel de presión acústica.....	103
5.2.	Análisis estadístico para determinar el nivel de presión acústica	123
5.2.1.	Verificación de normalidad de los datos de la presión acústica	123

5.2.2.	Gráficos de representación estadística	133
5.2.3.	Comprobación de la hipótesis específica 1	142
5.3.	Mapas de ruido	146
5.3.1.	Turno mañana	146
5.3.2.	Turno tarde	147
5.3.3.	Turno noche	148
5.3.4.	Promedio General	149
5.4.	Resultados del conteo de flujo vehicular	150
5.5.	Análisis estadístico para determinar el flujo vehicular	171
5.5.1.	Gráficos de representación estadística	171
5.5.2.	Comprobación de la hipótesis específica 2	211
5.6.	Análisis estadístico para determinar la variación del ruido según el flujo y composición vehicular	219
5.6.1.	Comprobación de la hipótesis específica 3	219
5.7.	Análisis estadístico para determinar la correlación entre la presión acústica y el flujo de vehículos	221
5.7.1.	Comprobación de la hipótesis específica 4	221
5.8.	Análisis estadístico para determinar la relación entre la presión acústica y el flujo vehicular	224
5.8.1.	Comprobación de la hipótesis general	224
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		230
CAPÍTULO VII: PROPUESTA TÉCNICA		233
7.1.	Introducción	233
7.2.	Objetivo de la propuesta	233
7.3.	Fundamentos técnicos y normativos	234
7.4.	Propuesta de control en la fuente de emisión	234
7.4.1.	Gestión de flujo vehicular	234
7.4.2.	Restricción de vehículos pesados	234
7.4.3.	Regulación de velocidad vehicular	235
7.5.	Propuesta de control en el medio de propagación	235
7.5.1.	Implementación de pavimentos fonoabsorbentes	235
7.5.2.	Instalación de barreras acústicas	236
7.6.	Propuesta de protección del receptor	236
7.6.1.	Aislamiento acústico en edificaciones sensibles	236
7.7.	Evaluación de la efectividad de la propuesta	236

7.8. Viabilidad técnica y económica	238
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	239
8.1. Conclusiones	239
8.2. Recomendaciones	240
BIBLIOGRAFIA	242
ANEXOS.....	246
A. CRONOGRAMA DE LA INVESTIGACIÓN TIPO DIAGRAMA DE GANTT	246
B. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO <i>De la investigación</i>	247
C. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	248
D. MATRIZ DE INSTRUMENTOS.....	249
E. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	250
F. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	272
G. PANEL FOTOGRÁFICO	276

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Propagación del sonido.....	30
Figura 2 Medios de propagación.....	31
Figura 3 Esquema de propagación de ondas mecánicas longitudinales.....	32
Figura 4 Amplitud de ondas.....	33
Figura 5 Frecuencia de ondas	34
Figura 6 Rango de frecuencias.....	35
Figura 7 Periodo de una onda	35
Figura 8 Longitud de una onda	36
Figura 9 Rango de valores del nivel de presión sonora.....	40
Figura 10 Reflexión de una onda	41
Figura 11 Refracción de una onda	41
Figura 12 Difracción de una onda.....	43
Figura 13 Absorción de una onda	43
Figura 14 Absorción de una onda	44
Figura 15 Resonancia de una onda.....	45
Figura 16 Enmascaramiento de una onda	46
Figura 17 Influencia de la temperatura en la propagación.....	48
Figura 18 Influencia del viento en la propagación	49
Figura 19 Efecto de los obstáculos en la propagación.....	51
Figura 20 Atenuación del sonido	51
Figura 21 Curvas isofónicas.....	54

Figura 22 Curvas de ponderación humana.....	56
Figura 23 <i>Principales fuentes sonoras de un vehículo</i>	67
Figura 24 Sonómetro con protector de viento.....	87
Figura 25 Calibrador acústico.....	87
Figura 26 GPS portátil.....	88
Figura 27 Laptop	88
Figura 28 Medición para fuentes vehiculares.....	96
Figura 29 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-1	123
Figura 30 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-2.....	124
Figura 31 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-3.....	124
Figura 32 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-4.....	125
Figura 33 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-5.....	125
Figura 34 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-6.....	126
Figura 35 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-7.....	126
Figura 36 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-8.....	127
Figura 37 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-9.....	127
Figura 38 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-10.....	128
Figura 39 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-11	128
Figura 40 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-12.....	129
Figura 41 <i>Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-13</i>	129
Figura 42 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-14.....	130
Figura 43 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-15.....	130
Figura 44 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-16.....	131
Figura 45 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-17.....	131
Figura 46 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-18.....	132
Figura 47 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-19.....	132
Figura 48 Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-20.....	133
Figura 49 Promedio de ruido por punto de medición	134
Figura 50 Niveles de ruido por punto de medición	135
Figura 51 Distribución de niveles de ruido (dB).....	135
Figura 52 Distribución de Media y rango de los niveles de ruido (dB).....	136
Figura 53 Distribución del percentil 95.....	137
Figura 54 Coeficiente de variación del nivel de ruido.....	138
Figura 55 Coeficiente de variación del nivel de ruido.....	139
Figura 56 Violín de la distribución del ruido por punto	140
Figura 57 Distribución de densidad del ruido	141
Figura 58 Nivel de ruido promedio por punto.....	141
Figura 59 Distribución de ruido por turnos	143
Figura 60 Nivel promedio de ruido por turnos.....	144
Figura 61 Comparación de niveles de ruido por turno	144
Figura 62 Promedio de niveles de presión acústica vs límites ECA.....	145
Figura 63 Porcentaje de superación de límite ECA por turno	145
Figura 64 Cantidad de vehículos por turno en el PC-1.....	171
Figura 65 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-1.....	171

Figura 66 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-1	172
Figura 67 Cantidad de vehículos por la noche del PC-1	172
Figura 68 Cantidad de vehículos por turno en el PC-2.....	173
Figura 69 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-2.....	173
Figura 70 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-2	174
Figura 71 Cantidad de vehículos por la noche del PC-2	174
Figura 72 Cantidad de vehículos por turno en el PC-3.....	175
Figura 73 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-3.....	175
Figura 74 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-2	176
Figura 75 Cantidad de vehículos por la noche del PC-2	176
Figura 76 Cantidad de vehículos por turno en el PC-4.....	177
Figura 77 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-4.....	177
Figura 78 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-4	178
Figura 79 Cantidad de vehículos por la noche del PC-4	178
Figura 80 Cantidad de vehículos por turno en el PC-5.....	179
Figura 81 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-5.....	179
Figura 82 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-5	180
Figura 83 Cantidad de vehículos por la noche del PC-5	180
Figura 84 Cantidad de vehículos por turno en el PC-6.....	181
Figura 85 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-6.....	181
Figura 86 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-6	182
Figura 87 Cantidad de vehículos por la noche del PC-6	182
Figura 88 Cantidad de vehículos por turno en el PC-7.....	183
Figura 89 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-7.....	183
Figura 90 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-7	184
Figura 91 Cantidad de vehículos por la noche del PC-7	184
Figura 92 Cantidad de vehículos por turno en el PC-8.....	185
Figura 93 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-8.....	185
Figura 94 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-8	186
Figura 95 Cantidad de vehículos por la noche del PC-8	186
Figura 96 Cantidad de vehículos por turno en el PC-9.....	187
Figura 97 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-9.....	187
Figura 98 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-9	188
Figura 99 Cantidad de vehículos por la noche del PC-9	188
Figura 100 Cantidad de vehículos por turno en el PC-10.....	189
Figura 101 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-10.....	189
Figura 102 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-10	190
Figura 103 Cantidad de vehículos por la noche del PC-10	190
Figura 104 Cantidad de vehículos por turno en el PC-11.....	191
Figura 105 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-11.....	191
Figura 106 Cantidad de vehículos por la tarde del PC-11	192
Figura 107 Cantidad de vehículos por la noche del PC-11	192
Figura 108 Cantidad de vehículos por turno en el PC-12.....	193
Figura 109 Cantidad de vehículos por la mañana del PC-12.....	193

Figura 110	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-12	194
Figura 111	Cantidad de vehículos por la noche del PC-12	194
Figura 112	Cantidad de vehículos por turno en el PC-13.....	195
Figura 113	Cantidad de vehículos por la mañana del PC-13.....	195
Figura 114	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-13	196
Figura 115	Cantidad de vehículos por la noche del PC-13	196
Figura 116	Cantidad de vehículos por turno en el PC-14.....	197
Figura 117	Cantidad de vehículos por la mañana del PC-14.....	197
Figura 118	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-14.....	198
Figura 119	Cantidad de vehículos por la noche del PC-14	198
Figura 120	Cantidad de vehículos por turno en el PC-15.....	199
Figura 121	Cantidad de vehículos por la mañana del PC-15.....	199
Figura 122	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-15	200
Figura 123	Cantidad de vehículos por la noche del PC-15	200
Figura 124	Cantidad de vehículos por turno en el PC-16.....	201
Figura 125	Cantidad de vehículos por la mañana del PC-16.....	201
Figura 126	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-16	202
Figura 127	Cantidad de vehículos por la noche del PC-16	202
Figura 128	Cantidad de vehículos por turno en el PC-17.....	203
Figura 129	Cantidad de vehículos por la mañana del PC-17.....	203
Figura 130	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-17	204
Figura 131	Cantidad de vehículos por la noche del PC-17	204
Figura 132	Cantidad de vehículos por turno en el PC-18.....	205
Figura 133	Cantidad de vehículos por la mañana del PC-18.....	205
Figura 134	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-18	206
Figura 135	Cantidad de vehículos por la noche del PC-18	206
Figura 136	Cantidad de vehículos por turno en el PC-19.....	207
Figura 137	Cantidad de vehículos por la mañana del PC-19.....	207
Figura 138	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-19	208
Figura 139	Cantidad de vehículos por la noche del PC-19	208
Figura 140	Cantidad de vehículos por turno en el PC-20.....	209
Figura 141	Cantidad de vehículos por la mañana del PC-20.....	209
Figura 142	Cantidad de vehículos por la tarde del PC-20	210
Figura 143	Cantidad de vehículos por la noche del PC-20	210
Figura 144	Flujo vehicular promedio por punto de control.....	211
Figura 145	Flujo vehicular promedio por tipo	212
Figura 146	Media del flujo vehicular por punto y turno	213
Figura 147	Mediana del Flujo vehicular promedio por tipo.....	214
Figura 148	Distribución del flujo vehicular por punto y turno	215
Figura 149	Interacción punto y turno en el flujo vehicular	216
Figura 150	Interacción del flujo vehicular con los semáforos	217
Figura 151	Influencia de semáforos en la presión acústica	217
Figura 152	Relación entre vehículos livianos y nivel de presión sonora.....	219
Figura 153	Relación entre vehículos pesados y nivel de presión sonora	220

Figura 154 Relación entre flujo vehicular y presión acústica.....	222
Figura 155 Correlación de Pearson entre flujo vehicular y presión acústica	223
Figura 156 Residuales entre flujo vehicular y presión acústica.....	223
Figura 157 Relación entre flujo vehicular y presión acústica.....	225
Figura 158 Relación entre flujo vehicular y Nivel de ruido	226
Figura 159 Residuales Vs valores ajustados	226
Figura 160 Residuales Vs Fitted	227
Figura 161 Scale - Location.....	228
Figura 162 Residuals Vs Leverage	229
Figura 163 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-1	252
Figura 164 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-2	253
Figura 165 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-3	254
Figura 166 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-4	255
Figura 167 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-5	256
Figura 168 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-6	257
Figura 169 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-7	258
Figura 170 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-8	259
Figura 171 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-9	260
Figura 172 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-10	261
Figura 173 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-11	262
Figura 174 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-12	263
Figura 175 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-13	264
Figura 176 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-14	265
Figura 177 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-15	266
Figura 178 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-16	267
Figura 179 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-17	268
Figura 180 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-9	269
Figura 181 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-19	270
Figura 182 Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-20	271
Figura 183 Medición de ruido en PC-1	276
Figura 184 Medición de ruido en PC-2.....	276
Figura 185 Medición de ruido en PC-3.....	276
Figura 186 Medición de ruido en PC-4.....	276
Figura 187 Medición de ruido en PC-5.....	277
Figura 188 Medición de ruido en PC-6.....	277
Figura 189 Medición de ruido en PC-7.....	277
Figura 190 Medición de ruido en PC-8.....	277
Figura 191 Medición de ruido en PC-9.....	278
Figura 192 Medición de ruido en PC-10.....	278
Figura 193 Medición de ruido en PC-11	278
Figura 194 Medición de ruido en PC-12.....	278
Figura 195 Medición de ruido en PC-13.....	279
Figura 196 Medición de ruido en PC-14.....	279
Figura 197 Medición de ruido en PC-15.....	279

Figura 198 Medición de ruido en PC-16.....	279
Figura 199 Medición de ruido en PC-17.....	280
Figura 200 Medición de ruido en PC-18.....	280
Figura 201 Medición de ruido en PC-19.....	280
Figura 202 Medición de ruido en PC-20.....	280

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Velocidad de propagación del sonido en diferentes medios	38
Tabla 2 Límites máximos permisibles de emisiones sonoras	64
Tabla 3 Valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos	65
Tabla 4 Variación de la emisión de ruido en función del tipo de pavimento	69
Tabla 5 Condiciones para elaborar el mapa de ruido.....	71
Tabla 6 Matriz de Operacionalización de Variables.....	78
Tabla 7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	84
Tabla 8 Puntos de control seleccionados.....	90
Tabla 9 Cronograma de medición de cada punto de control.....	94
Tabla 10 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-1	103
Tabla 11 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-2	104
Tabla 12 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-3	105
Tabla 13 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-4	106
Tabla 14 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-5	107
Tabla 15 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-6	108
Tabla 16 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-7	109
Tabla 17 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-8	110
Tabla 18 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-9	111
Tabla 19 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-10	112
Tabla 20 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-11	113
Tabla 21 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-12	114
Tabla 22 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-13	115
Tabla 23 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-14	116
Tabla 24 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-15	117
Tabla 25 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-16	118
Tabla 26 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-17	119
Tabla 27 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-18	120
Tabla 28 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-19	121
Tabla 29 Ficha de registro de la presión acústica en el PC-20	122
Tabla 30 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-1	151
Tabla 31 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-2	152
Tabla 32 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-3	153
Tabla 33 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-4	154
Tabla 34 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-5	155

Tabla 35 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-6	156
Tabla 36 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-7	157
Tabla 37 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-8	158
Tabla 38 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-9	159
Tabla 39 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-10	160
Tabla 40 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-11	161
Tabla 41 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-12	162
Tabla 42 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-13	163
Tabla 43 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-14	164
Tabla 44 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-15	165
Tabla 45 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-16	166
Tabla 46 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-17	167
Tabla 47 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-18	168
Tabla 48 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-19	169
Tabla 49 Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-20	170
Tabla 50 Variación de la presión acústica según el tipo de superficie.....	229
Tabla 51 Evaluación de la efectividad de la propuesta.....	237
Tabla 52 Formato de registro para monitoreo de niveles de presión acústica.....	250
Tabla 53 Formato de libreta de campo para conteo y clasificación de flujo vehicular	251

INDICE DE MAPAS

Mapa 1 Mapa departamental del Cusco	80
Mapa 2 Mapa provincial del Cusco.....	81
Mapa 3 Mapa distrital del Cusco.....	81
Mapa 4 Mapa de ubicación de los 20 puntos de control seleccionados	91
Mapa 5 Mapa de Ruido turno mañana	147
Mapa 6 Mapa de Ruido turno tarde.....	148
Mapa 7 Mapa de Ruido turno noche	149
Mapa 8 Mapa de Ruido Promedio.....	150

INTRODUCCIÓN

Actualmente, podemos notar que la contaminación acústica se ha convertido en un gran problema en las ciudades debido al constante crecimiento urbano, el incremento del parque automotor, las actividades comerciales y la poca importancia que se le da a los niveles de ruido en la planificación urbana. El ruido excesivo no solo afecta a la calidad de vida de la población, sino que también puede generar problemas en la salud física y mental, especialmente en lugares donde las fuentes de ruido son constantes y diversas.

Históricamente, el urbanismo ha evolucionado desde una planificación empírica hacia enfoques técnicos y normativos orientados al bienestar colectivo. En países con alto nivel de desarrollo, la planificación urbana incorpora criterios acústicos desde las etapas iniciales del diseño de la infraestructura vial y del ordenamiento territorial, considerando la zonificación del uso de suelo, la jerarquización de vías, la implementación de barreras acústicas, pavimentos fonoabsorbentes y sistemas de control del tránsito. Estas estrategias permiten mitigar los niveles de ruido, especialmente en zonas sensibles como áreas residenciales, centros históricos y zonas de protección especial.

En el distrito de Cusco, el cual se considera una zona de alto valor histórico, turístico y residencial, el crecimiento urbano se ha realizado de manera reactiva, priorizando la funcionalidad del tránsito por encima de criterios ambientales y confort acústico. A pesar de que existen normativas que indican los niveles máximos permisibles de presión sonora, en muchos sectores del distrito se perciben niveles de ruido que podrían superar los límites establecidos, lo cual afecta al confort acústico en los espacios públicos y las edificaciones cercanas.

El presente estudio fue desarrollado para áreas denominadas zonas de uso especial, dentro de las cuales se encuentran edificaciones de uso educativo y de salud. Estas zonas han sido destinadas para realizar funciones específicas y, debido a su función son sensibles al ruido, por lo tanto, requieren condiciones especiales para su correcto funcionamiento, ya que, albergan población vulnerable, como niños, ancianos, pacientes y personal sanitario, cuyo desempeño, recuperación y bienestar pueden verse significativamente afectados si no se tiene un control adecuado del ruido.

En este contexto, esta tesis tiene como objetivo principal evaluar el nivel de presión acústica y su relación con el flujo vehicular en zonas de uso especial que se produce en el distrito de Cusco en el año 2025, esto con el fin de identificar las zonas en las que se genera mayor ruido y como se relaciona esto al volumen vehicular. Esta información podrá ser utilizada para mejorar la planificación urbana y los proyectos de infraestructura vial, tomando en consideración un adecuado control y mitigación del ruido exterior aplicando soluciones constructivas.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación Problemática

En el distrito de Cusco, durante los últimos años, el crecimiento sostenido del parque automotor, sumado a una planificación urbana limitada y poco integrada a criterios ambientales, ha generado un incremento progresivo de los niveles de presión acústica, especialmente en áreas colindantes a vías de tránsito vehicular con alta y constante circulación.

Esta problemática se manifiesta con mayor intensidad en las zonas de uso especial, tales como centros educativos, establecimientos de salud, áreas administrativas y espacios culturales, donde el control del ruido ambiental resulta fundamental para garantizar condiciones adecuadas de habitabilidad, concentración, desempeño laboral y bienestar de la población usuaria. Sin embargo, estas zonas se encuentran expuestas de manera permanente al ruido generado por el tránsito vehicular, sin que exista una gestión acústica adecuada.

Asimismo, es altamente probable que los niveles de presión acústica registrados en estas zonas de uso especial superen los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la normativa ambiental vigente, lo cual puede generar afectaciones negativas en la calidad de vida, tales como estrés, disminución del rendimiento académico y laboral, alteraciones en la salud y deterioro del confort acústico urbano.

No obstante, a pesar de la percepción generalizada de esta problemática por parte de la población, existe una limitada evidencia técnica y cuantitativa a nivel local que permita establecer de manera objetiva la relación existente entre los niveles de presión sonora y el flujo vehicular en las zonas de uso especial del distrito de Cusco. La ausencia de estudios específicos y actualizados dificulta la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes y limita la

formulación de estrategias técnicas orientadas a la mitigación del ruido vehicular, así como el diseño de obras civiles que incorporen criterios adecuados de confort acústico.

En este contexto, se evidencia la necesidad de evaluar el nivel de presión acústica y analizar su relación con el flujo vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, con la finalidad de generar información técnica confiable que sirva de base para la planificación urbana, la gestión ambiental y la implementación de medidas correctivas desde el enfoque de la ingeniería civil.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

PG: ¿Cuál es la relación existente entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?

1.2.2. Problemas Específicos

PE1: ¿Cuáles son los niveles de presión acústica en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?

PE2: ¿Cuál es el flujo vehicular, en términos de volumen y clasificación vehicular, en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?

PE3: ¿Cómo varía el ruido según el flujo y la composición vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?

PE4: ¿Existe una relación estadística correlacional entre la presión sonora y el flujo de vehículos en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?

1.3. Justificación de la Investigación

1.3.1. Justificación teórica

La presente investigación se justifica teóricamente porque contribuye a la generación y fortalecimiento del conocimiento científico relacionado con la contaminación acústica urbana, específicamente en lo referente a la relación entre el nivel de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial. Si bien existen estudios a nivel internacional y nacional sobre ruido ambiental, a nivel local, en el distrito de Cusco, la información técnica sistematizada resulta limitada, especialmente en áreas sensibles al ruido.

Asimismo, el estudio permitirá contrastar y complementar modelos teóricos existentes sobre generación y propagación del ruido vehicular en contextos urbanos con características particulares, como las del Cusco, donde confluyen factores como la topografía irregular, la antigüedad del trazado urbano y la alta concentración de actividades administrativas, educativas y culturales. De este modo, los resultados aportarán evidencia empírica relevante para futuras investigaciones en el campo de la ingeniería civil y ambiental.

1.3.2. Justificación Metodológica

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se justifica porque aplica procedimientos técnicos y científicos validados para la medición del nivel de presión acústica y la cuantificación del flujo vehicular, empleando instrumentos normalizados y técnicas estadísticas adecuadas para el análisis de la relación entre ambas variables.

Asimismo, el estudio integra el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la representación espacial de los niveles de ruido, lo que constituye un aporte metodológico relevante al permitir una visualización clara y precisa de la distribución del ruido ambiental en

zonas de uso especial. La metodología propuesta podrá ser replicable y adaptable en otros distritos urbanos con problemáticas similares, fortaleciendo su utilidad científica y técnica.

1.3.3. Justificación Práctica

La justificación práctica de la investigación radica en que los resultados obtenidos proporcionarán información técnica objetiva y actualizada sobre los niveles de presión acústica generados por el tránsito vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco. Esta información será de utilidad para entidades públicas, profesionales de la ingeniería civil y autoridades municipales, quienes podrán emplearla como base para la formulación de medidas de mitigación del ruido, el diseño de infraestructura vial y urbana, y la evaluación de proyectos de ingeniería.

Asimismo, los resultados permitirán identificar puntos críticos de contaminación acústica, facilitando la implementación de soluciones técnicas orientadas a mejorar el confort acústico en edificaciones sensibles, tales como centros educativos, establecimientos de salud y espacios administrativos.

1.3.4. Justificación Social

Desde el enfoque social, la investigación se justifica porque aborda una problemática que afecta directamente la calidad de vida de la población, en especial de los usuarios y trabajadores de las zonas de uso especial. La exposición prolongada a niveles elevados de ruido vehicular puede generar efectos adversos en la salud física y mental, así como disminuir la capacidad de concentración y el bienestar general.

En ese sentido, el estudio busca generar conciencia sobre la importancia del control del ruido ambiental y contribuir a la protección de grupos vulnerables, como estudiantes, pacientes y personal administrativo, promoviendo entornos urbanos más saludables y sostenibles.

1.3.5. Justificación Ambiental

La justificación ambiental se sustenta en que el ruido vehicular constituye una forma de contaminación ambiental que deteriora la calidad del entorno urbano. La presente investigación permitirá evaluar el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente, aportando información relevante para la gestión ambiental del distrito de Cusco.

Asimismo, los resultados contribuirán a la planificación urbana sostenible, promoviendo la incorporación del componente acústico en la evaluación ambiental de proyectos de infraestructura y en la formulación de políticas orientadas a la reducción de la contaminación sonora, en concordancia con los principios de protección ambiental y desarrollo sostenible.

1.4.Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

OG: Determinar la relación existente entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025.

1.4.2. Objetivos específicos

OE1: Medir los niveles de presión acústica por periodos horarios en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025.

OE2: Cuantificar el flujo vehicular, en términos de volumen y clasificación vehicular, por periodos horarios en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025.

OE3: Analizar la variación del ruido según el flujo y la composición vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025.

OE4: Establecer la relación estadística, mediante análisis correlacional, entre los niveles de presión sonora y el flujo de vehículos en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según World Health Organization – WHO (2018), la contaminación acústica producida por el tráfico vehicular constituye uno de los principales problemas ambientales en las zonas urbanas a nivel mundial. El estudio evidenció que la exposición prolongada a niveles elevados de presión sonora genera efectos adversos en la salud, tales como trastornos del sueño, estrés, problemas cardiovasculares y disminución del rendimiento cognitivo. Asimismo, se concluyó que el transporte terrestre es la fuente dominante de ruido ambiental en áreas de uso urbano especial, recomendándose la evaluación sistemática del ruido y su relación con el flujo vehicular como base para la planificación urbana sostenible.

La investigación de García y Faus (2019), realizada en zonas urbanas de la ciudad de Barcelona, se determinó que existe una relación directa y significativa entre el flujo vehicular y el incremento del nivel de presión acústica. Los autores encontraron que las vías con mayor densidad vehicular superaban los límites permisibles establecidos por la normativa europea, especialmente en horarios punta. Además, el estudio resaltó que las zonas de uso especial, como áreas educativas y comerciales, presentan una mayor vulnerabilidad frente a la contaminación acústica generada por el tránsito.

En el estudio de Li, Wang y Zhang (2020), desarrollado en áreas metropolitanas de China, se evaluó el impacto del tráfico vehicular sobre los niveles de ruido ambiental mediante mediciones continuas con sonómetros calibrados. Los resultados demostraron que el incremento del flujo vehicular, especialmente de vehículos pesados, influye significativamente en el

aumento del nivel de presión acústica, superando los estándares ambientales permitidos. Asimismo, los autores concluyeron que la gestión del tránsito es un factor clave para la mitigación del ruido en zonas urbanas de uso especial.

Según Martínez et al. (2021), en una investigación realizada en la ciudad de Bogotá, se analizó la relación entre el nivel de presión sonora y el volumen vehicular en avenidas principales. Los resultados evidenciaron que los mayores niveles de ruido se registraron en horarios de alta congestión vehicular, alcanzando valores que afectan el confort acústico de la población. El estudio concluyó que el flujo vehicular es una variable determinante en la generación de contaminación acústica urbana, recomendándose su inclusión en estudios de impacto ambiental sonoro.

Santos y Pereira (2022), realizaron un estudio efectuado en zonas de uso especial de la ciudad de São Paulo, del cual se determinó que la contaminación acústica generada por el tránsito vehicular presenta una correlación positiva con el incremento del parque automotor. Los autores señalaron que las áreas con uso institucional y educativo registraron niveles de presión acústica superiores a los valores recomendados, afectando el bienestar de los usuarios. Finalmente, se concluyó que la evaluación conjunta del ruido ambiental y el flujo vehicular permite una mejor comprensión del impacto del tránsito en el entorno urbano.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Flores y Mendoza (2018), en un estudio desarrollado en la ciudad de Lima Metropolitana, se evaluó el nivel de presión acústica generado por el tránsito vehicular en avenidas de alto flujo. Los resultados evidenciaron que los niveles de ruido superaron los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido establecidos por el MINAM, especialmente en

horarios punta. Asimismo, se determinó que el volumen vehicular guarda una relación directa con el incremento del nivel de presión sonora en zonas urbanas de uso especial.

En la investigación de Quispe (2019), realizada en la ciudad de Arequipa, se analizó la contaminación acústica producida por el tráfico vehicular en zonas comerciales e institucionales. El estudio concluyó que el aumento del flujo vehicular, principalmente de transporte público y vehículos pesados, incrementa significativamente los niveles de presión acústica, afectando el confort ambiental de la población expuesta.

Ramos y Salazar (2020), en un estudio aplicado en la ciudad de Trujillo, se evaluó la relación entre el nivel de presión sonora y la intensidad vehicular en avenidas principales. Los resultados mostraron que las zonas con mayor congestión vehicular presentaron niveles de ruido superiores a los límites permisibles, evidenciándose una correlación positiva entre el flujo vehicular y la contaminación acústica urbana.

Según Paredes (2021), en una investigación desarrollada en la ciudad de Chiclayo, se midieron los niveles de presión acústica en áreas de uso educativo cercanas a vías de alto tránsito. Los resultados indicaron que el ruido generado por el tráfico vehicular supera los valores recomendados durante las horas de ingreso y salida, concluyéndose que el flujo vehicular es un factor determinante en la afectación del confort acústico en zonas de uso especial.

En el estudio de Torres y Huerta (2022), realizado en la ciudad de Piura, se analizó la contaminación acústica asociada al tránsito vehicular mediante mediciones sonoras y conteos vehiculares. Los autores determinaron que existe una relación significativa entre el incremento del parque automotor y el aumento del nivel de presión acústica, especialmente en zonas urbanas con actividad comercial intensa.

2.1.3. Antecedentes locales

Según Quispe (2018), en un estudio realizado en las principales avenidas del distrito de Cusco, se evaluó el nivel de presión acústica generado por el tránsito vehicular mediante mediciones con sonómetro en horarios diurnos y nocturnos. Los resultados evidenciaron que los niveles de ruido superaron los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido establecidos por el MINAM, especialmente en horas punta, concluyéndose que el flujo vehicular constituye la principal fuente de contaminación acústica en la zona urbana.

En la investigación de Huamán y Condori (2019), desarrollada en zonas comerciales y turísticas del centro histórico de Cusco, se analizó la contaminación acústica producida por el tránsito vehicular y la actividad urbana. El estudio determinó que el incremento del flujo vehicular, sumado a la congestión vial, genera elevados niveles de presión sonora que afectan el confort acústico de residentes y visitantes, recomendándose medidas de gestión del tránsito en zonas de uso especial.

En el estudio de Vargas (2020), aplicado en el distrito de Santiago, Cusco, se evaluó la relación entre el volumen vehicular y el nivel de presión acústica en vías principales. Los resultados mostraron una correlación directa entre el aumento del flujo vehicular y los niveles de ruido ambiental, superando los límites permisibles durante los horarios de mayor circulación, lo que evidencia la influencia del tránsito vehicular en la contaminación acústica urbana.

Rojas y Mamani (2021), en una investigación realizada en zonas educativas del distrito de Wanchaq, se analizó el impacto del ruido vehicular en el entorno urbano. Los resultados indicaron que los niveles de presión acústica registrados durante los horarios de ingreso y salida de vehículos excedieron los valores recomendados, afectando el confort acústico del entorno. El

estudio concluyó que el flujo vehicular es un factor determinante en la generación de ruido en zonas de uso especial.

Según Soto (2022), en un estudio efectuado en avenidas de alto tránsito del distrito de San Sebastián, Cusco, se evaluó la contaminación acústica asociada al incremento del parque automotor. Los resultados evidenciaron que el tránsito vehicular genera niveles de presión sonora elevados, especialmente en zonas con uso institucional y comercial, concluyéndose que la evaluación conjunta del ruido ambiental y el flujo vehicular es fundamental para la gestión urbana y la planificación vial en la ciudad de Cusco.

2.2.Fundamentos Teóricos

2.2.1. Sonido

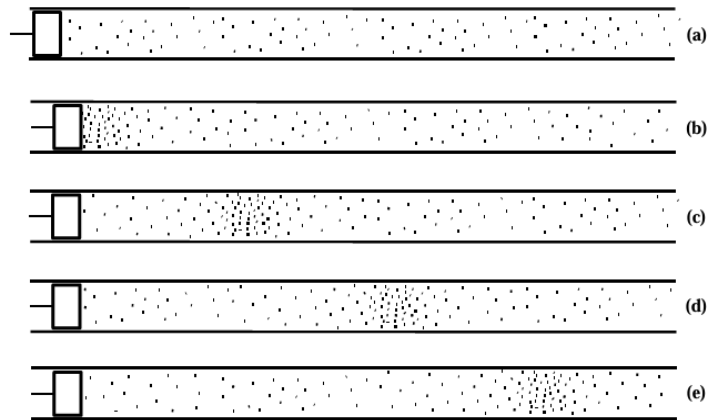
Energía que es transmitida como ondas de presión en el aire u otros medios materiales que puede ser percibida por el oído o detectada por instrumentos de medición. (DECRETO SUPREMO, 2003)

El sonido es un fenómeno físico que se produce cuando un elemento de origen (fuente sonora) comienza a vibrar de una determinada forma, esta vibración es transmitida por un medio de propagación hasta alcanzar al receptor. (Figueras García, 2017)

La figura que se presenta a continuación, describe la manera en la cual se propaga el sonido mediante un ejemplo que muestra un tubo largo lleno de aire con un pistón en uno de sus extremos. Los puntos dentro del tubo representan las partículas de aire, los cuales inicialmente se encuentran en reposo como se observa en (a). Ante una perturbación, el aire se concentra cerca del pistón como se observa en (b). Finalmente, la perturbación se propaga alejándose de la fuente como se observa en (c), (d) y (e).

Figura 1

Propagación del sonido



Nota. Figura extraída de (Miyara Federico, 1999)

2.2.2. Fuente sonora

Se denomina fuente sonora al elemento que provoca el sonido, el cual es generado cuando dicha fuerza comienza a vibrar, la cual es redirigida a partículas de aire, las cuales a su vez transmiten la vibración a nuevas partículas colindantes. (Guzmán Freire, 2019)

2.2.3. Medio de Propagación

El sonido se propaga mediante una onda mecánica en un medio elástico, el cual puede ser sólido, líquido o gaseoso. Esta onda es la expresión del transporte de energía y cantidad de movimiento mediante la oscilación de partículas del medio de propagación. (Soto Molina, 2024)

La siguiente imagen muestra ejemplos que representan los diferentes medios de propagación de sonido que existen. La primera muestra la conversación de dos personas que se comunican mediante el habla y el sonido se transmite a través el aire. En la segunda se observa que dos personas se comunican mediante vasos atados a una cuerda, en este caso la cuerda funciona como medio de transmisión del sonido. Y la tercera imagen muestra el sonido que emite un animal para comunicarse con otro, en el cual las ondas sonoras se transmiten a través del agua.

Figura 2

Medios de propagación



Nota. Imagen extraída de (Rivas Kubler, 2019)

2.2.4. Receptor

El receptor es el elemento que percibe las vibraciones. Este puede ser un ser vivo que dispone de órganos auditivos, así como un instrumento de medición de sonido (sonómetro) o cualquier objeto expuesto a la vibración. (Soto Molina, 2024)

2.2.5. Propiedades físicas del sonido

Dentro de los tipos de ondas mecánicas, podemos identificar a las transversales y las longitudinales. Se denominan ondas transversales a aquellas que se propagan mediante el movimiento de partículas del medio perpendicular al vector de la velocidad de onda, y las ondas

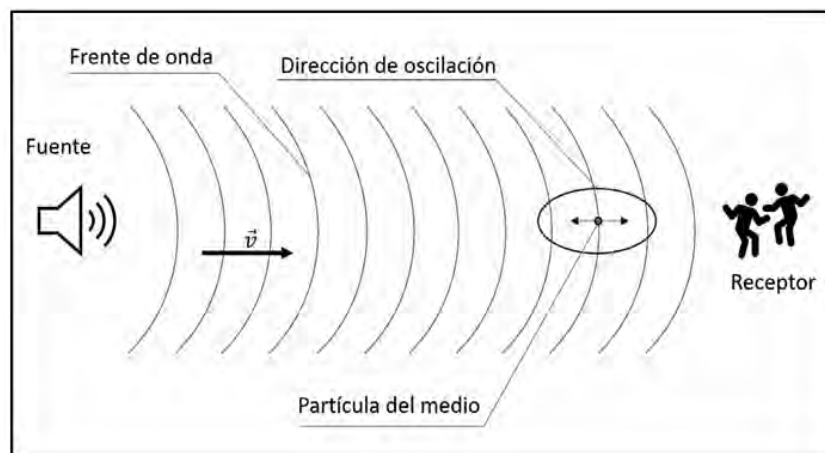
longitudinales son aquellas en las que las ondas se propagan mediante un movimiento de partículas paralelos a dicho vector. Entonces, se entiende que el sonido es una onda longitudinal, ya que el movimiento de las partículas del medio es paralelo al vector velocidad de la onda.

(Soto Molina, 2024)

La siguiente imagen representa la propagación del sonido mediante ondas longitudinales, las cuales son emitidas desde un emisor y se mueven paralelas a la velocidad de propagación hasta llegar a un receptor.

Figura 3

Esquema de propagación de ondas mecánicas longitudinales



Nota. Extraído de (Soto Molina, 2024)

De manera matemática, la ecuación que gobierna la propagación de una onda en una función de seno (o coseno), es la siguiente:

$$y(x,t) = A \cdot \text{sen}(\omega t - kx + \Phi)$$

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi / T$$

$$k = 2\pi / \lambda$$

$$T = 1 / f$$

Donde:

A: amplitud de la onda (m)

ω : velocidad angular (rad/s)

k: número de onda (rad/m)

f: frecuencia (Hz)

T: periodo (s)

λ : longitud de onda (m)

$\omega t - kx$: fase

Φ : constante de fase (rad)

De esta forma, se tienen las siguientes propiedades:

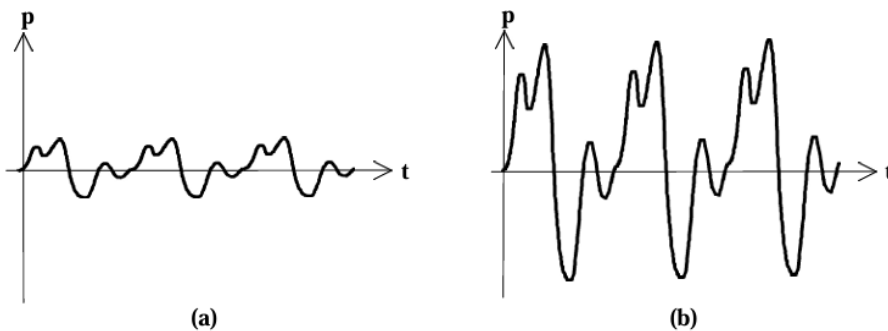
2.2.5.1. Amplitud

Es la variación máxima de la presión que se produce y representa la cantidad de energía que produce la onda. Cuanto mayor sea este valor, mayor diferencia de presión se habrá producido y mayor será la sensación que se percibe. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

A continuación, se puede apreciar dos ondas con la misma forma y frecuencia, pero con diferente amplitud. (a) presenta una amplitud pequeña, y (b) una amplitud grande.

Figura 4

Amplitud de ondas



Nota. Fuente (Miyara Federico, 1999)

2.2.5.2.Frecuencia

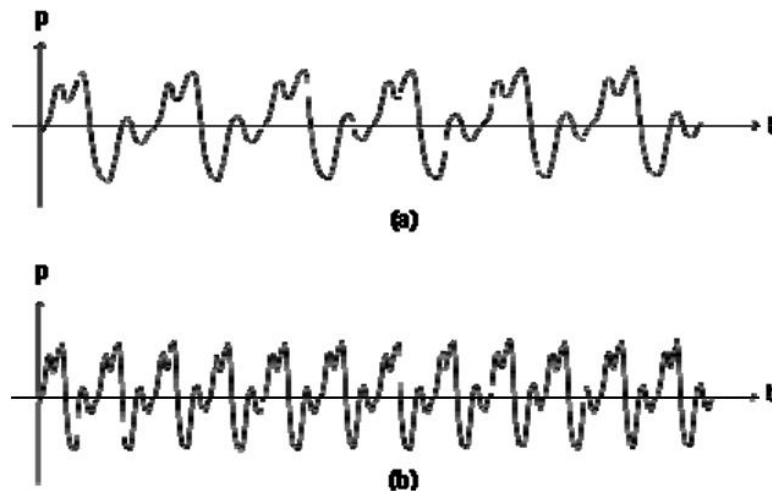
La frecuencia es el número de oscilaciones por segundo que sufre una partícula del medio. Se mide en hercio (Hz). Los sonidos de frecuencias más bajas producen sonidos graves, y los sonidos de frecuencias más altas producen sonidos agudos. (Soto Molina, 2024)

Los sonidos con frecuencias inferiores a los 20 Hz son denominados infrasonidos, y los que presentan una frecuencia superior a los 20kHz se denominan ultrasonidos. (Guzmán Freire, 2019)

La siguiente figura describe dos ondas que tienen la misma forma, pero diferente frecuencia. La onda (a) presenta una frecuencia baja, mientras que la onda (b) presenta una frecuencia alta.

Figura 5

Frecuencia de ondas

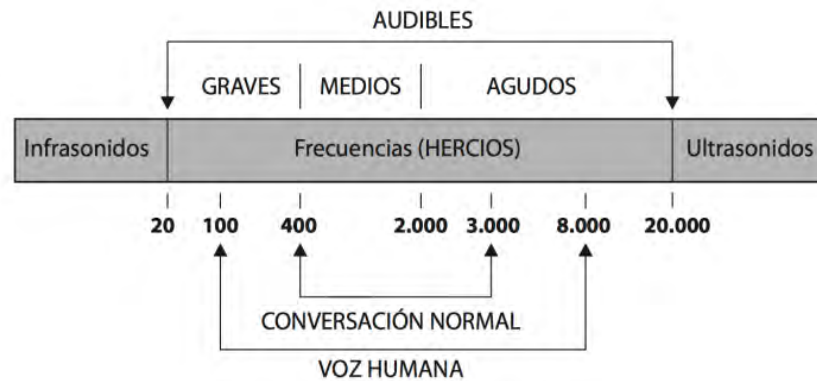


Nota. Figura extraída de (Navarro, 2010)

A continuación, la figura muestra el rango de frecuencias que soporta el oído humano, cuyo rango está comprendido entre 20 y 20000 Hz.

Figura 6

Rango de frecuencias



Nota. Extraído de (Uceda Rodríguez, 2017)

2.2.5.3.Periodo

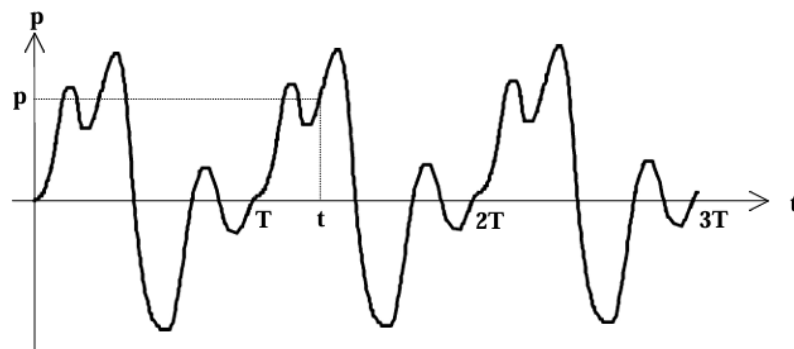
El periodo es el tiempo transcurrido en el que un punto (una partícula del medio) realiza una oscilación completa desde su posición de equilibrio. (Soto Molina, 2024)

También se define como el tiempo que transcurre entre una perturbación y la siguiente. Se mide en segundos o milisegundos. (Miyara Federico, 1999)

En la siguiente figura, podemos apreciar la evolución de la onda en el tiempo, la cual comprende 3 ciclos o periodos completos (T , $2T$, $3T$).

Figura 7

Periodo de una onda



Nota. Extraído de (Miyara Federico, 1999)

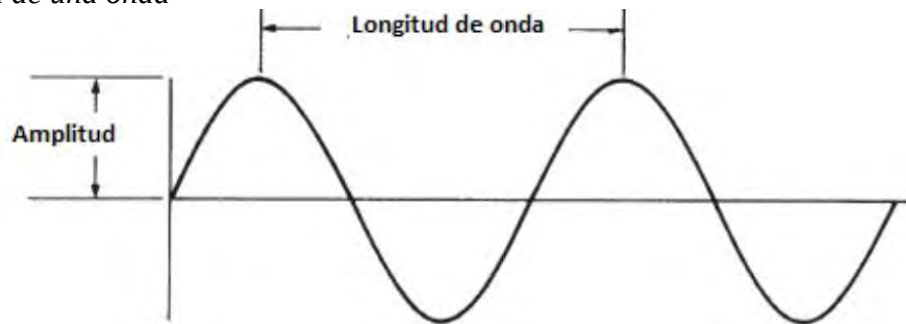
2.2.5.4. Longitud de onda

Es la distancia que recorre la onda en el tiempo de un periodo, también se define como la distancia existente entre un máximo de presión sonora y el siguiente. Esta magnitud es inversamente proporcional a la frecuencia, ya que, cuando la frecuencia aumenta, la longitud de onda disminuye y viceversa. (Guzmán Freire, 2019)

En la figura se puede apreciar la longitud que presenta una onda, la cual es la distancia entre dos puntos consecutivos que se encuentran al mismo nivel de amplitud de la onda.

Figura 8

Longitud de una onda



Nota. Imagen extraída de (Valdés Moreno, 2015)

2.2.5.5. Velocidad de propagación

Es la velocidad con la que se propaga la onda acústica por el medio, se entiende que es la rapidez con la que se transmite la perturbación de unas partículas a otras. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

La velocidad se puede calcular matemáticamente mediante la siguiente expresión:

$$c = \lambda * f = \omega / k$$

Donde:

ω : velocidad angular (rad/s)

f : frecuencia (Hz)

λ : longitud de onda (m)

Pero, se debe tomar en cuenta que la velocidad de propagación de una onda mecánica no depende de su longitud de onda y su frecuencia, sino de las propiedades físicas del medio en el que se propaga, siendo constante en cada medio de propagación a iguales condiciones de presión y temperatura. (Harris, 1995)

De esta manera, la expresión general que rige la velocidad de propagación de las ondas es la siguiente:

$$v = \sqrt{\frac{\text{propiedad elástica}}{\text{propiedad inercial}}}$$

Entonces, para un medio gaseoso como el aire, a una temperatura ambiente de 20°C, el valor de la velocidad de propagación de onda es el siguiente:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = \sqrt{\frac{1.4 * 8.314 * (20 + 273)}{0.02897}} = 343.11 \text{ m/s}$$

Donde:

γ : coeficiente adiabático del gas (1.4 a 20°C para aire seco)

R: constante de los gases ideales (J/mol*K)

T: temperatura en grados Kelvin

M: masa molecular del gas (0.02897 kg/mol para aire seco)

Se debe tener en cuenta que el sonido puede propagar en cualquier medio elástico y cuanto menos elástico sea el medio, mayor será la velocidad de propagación del sonido.

(Redonda Fernández, 2013)

La siguiente tabla muestra las diferentes velocidades de propagación del sonido en distintos medios. Se puede notar que hay una gran diferencia entre cada medio.

Tabla 1

Velocidad de propagación del sonido en diferentes medios

Medio	c (m/s)	Medio	c (m/s)
Agua dulce (15 °C)	1440	Granito	6000
Agua salada (15 °C)	1470	Hierro	4950
Aluminio	5000	Madera	1000 a 4000
Caucho	35	Mampostería	3000
Cobre	3800	Plomo	1200
Corcho	500	Vidrio	5600

Nota. Extraído de (Avilés López, Perera Martín, 2017)

2.2.6. Cualidades del sonido

2.2.6.1. Tono

Es la cualidad del sonido generado por la frecuencia, la cual permite tener sonidos graves si la frecuencia es baja, y agudos si la frecuencia es alta. (Guzmán Freire, 2019)

2.2.6.2. Timbre

Es la cualidad del sonido que nos permite diferenciar entre los sonidos de diferentes fuentes de emisión, este depende de la forma y la naturaleza de la onda. (Rivas Kubler, 2019)

2.2.7. Parámetros empleados en la medida del sonido

2.2.7.1.Niveles sonoros. El decibelio

Se sabe que el oído humano puede percibir un rango amplio de diferencias de presión, las cuales se encuentran entre $2 \cdot 10^{-5}$ Pa y 200 Pa. Trabajar con estas cantidades no resulta cómodo, ya que se debe manejar una gran cantidad de cifras, es por este motivo que en acústica se emplean magnitudes logarítmicas. La razón principal para usar esta magnitud es que la respuesta del oído humano es proporcional al logaritmo del estímulo que percibe. Es por este motivo que las magnitudes en acústica se manejan como relaciones logarítmicas entre el valor medido de dicha magnitud y un valor de referencia, y se denominan niveles. Lo habitual es emplear el logaritmo decimal, y se usa como unidad al Belio, pero para tener mayor comodidad y evitar el uso excesivo de decimales y valores inferiores a la unidad, se ha decidido multiplicar por diez los niveles, formando así el decibelio (dB). (Avilés López, Perera Martín, 2017)

2.2.7.2.Nivel de potencia acústica

Es la cantidad de energía por unidad de tiempo que emite una fuente sonora y se mide en vatios (W). Esta magnitud no depende del punto en el que se mida, sino de la energía sonora que emite en cada instante. La intensidad de potencia acústica se mide en decibelios (dB). (Avilés López, Perera Martín, 2017)

2.2.7.3.Nivel de intensidad acústica

La intensidad acústica es el valor medio de la energía acústica que fluye en la unidad de tiempo a través de una superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de las ondas sonoras. El nivel intensidad acústica se mide en decibelios (dB). (Guzmán Freire, 2019)

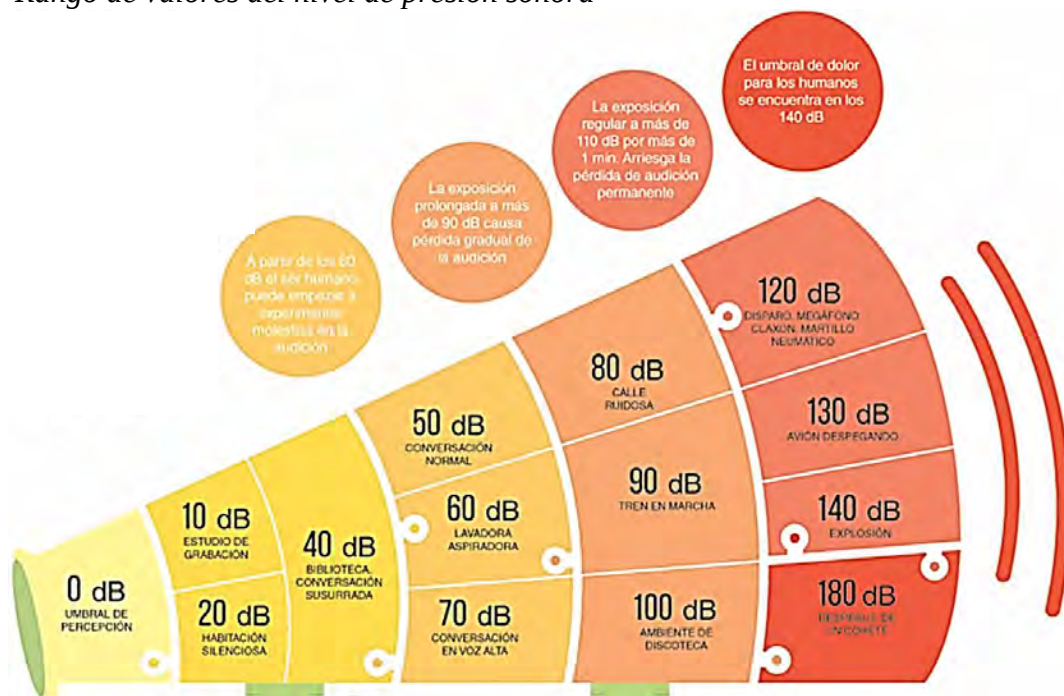
2.2.7.4. Nivel de presión acústica

La presión acústica es el incremento de presión respecto a la presión atmosférica debido a la presencia de la onda acústica, esta magnitud depende de la distancia a la fuente y de las características del lugar en el que se encuentre. El nivel de presión acústica se mide en decibelios (dB). (Guzmán Freire, 2019)

La figura a continuación, muestra el rango de valores del nivel de presión sonora medido en decibelios (dB).

Figura 9

Rango de valores del nivel de presión sonora



Nota. Fuente (Oefa, 2016)

2.2.8. Fenómenos de la propagación del sonido

2.2.8.1. Reflexión

Se produce cuando la energía de la onda incidente sobre un obstáculo y es devuelta al medio del que procede. La cantidad de energía reflejada depende de las cualidades acústicas del

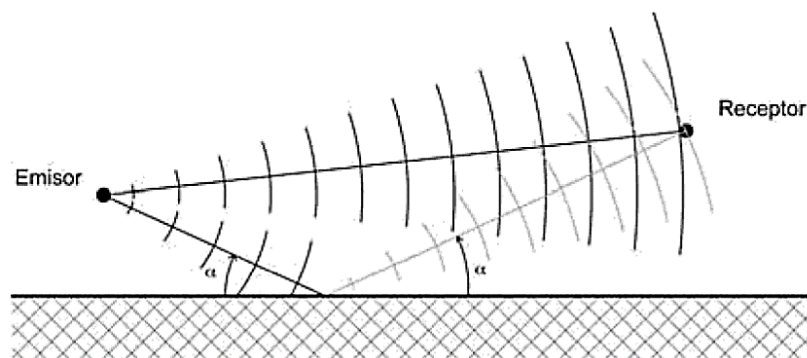
elemento reflectante, así como de las propiedades de la onda incidente y de la frecuencia. Las superficies que tienen una gran capacidad de reflexión se denominan acústicamente duras.

(Avilés López, Perera Martín, 2017)

A continuación, se observa a una onda reflejarse en una superficie y llega al receptor, esto contribuye a que se incrementen los niveles de presión acústica. Además, se puede notar que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Figura 10

Reflexión de una onda



Nota. Extraído de (Avilés López, Perera Martín, 2017)

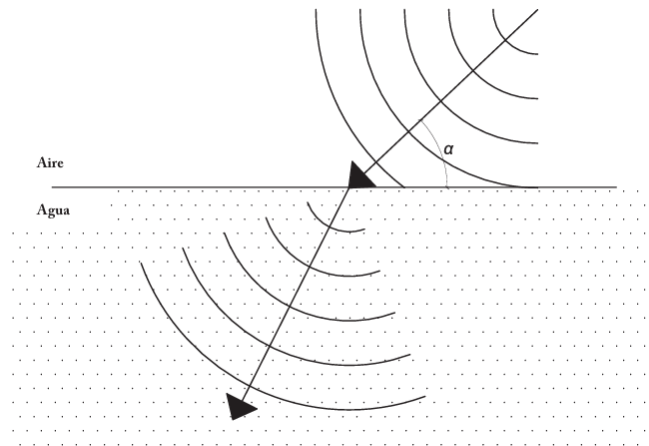
2.2.8.2.Refracción

Este fenómeno ocurre cuando la onda sonora incide sobre el obstáculo y la parte de la energía que no es reflejada se propaga a su interior. Esto ocurre cuando cambiamos el medio de propagación, así también cambiará la dirección en la que la energía se propaga, entonces, se cumple que la trayectoria del rayo reflejado depende de las propiedades de los medios, los cuales se caracterizan por tener un índice de refracción (n). (Avilés López, Perera Martín, 2017)

En la figura podemos apreciar la emisión de una onda que traspasa la superficie y cambia de dirección debido a que cambia de medio (de aire a agua).

Figura 11

Refracción de una onda



Nota. Fuente (Rivas Kubler, 2019)

También se producen refracciones (cambios de dirección en la trayectoria de propagación de una onda) cuando el mismo medio de propagación no es del todo homogéneo, esto suele suceder con el aire, ya que, la atmósfera no es uniforme debido a que las condiciones de temperatura, presión y humedad relativa varían. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

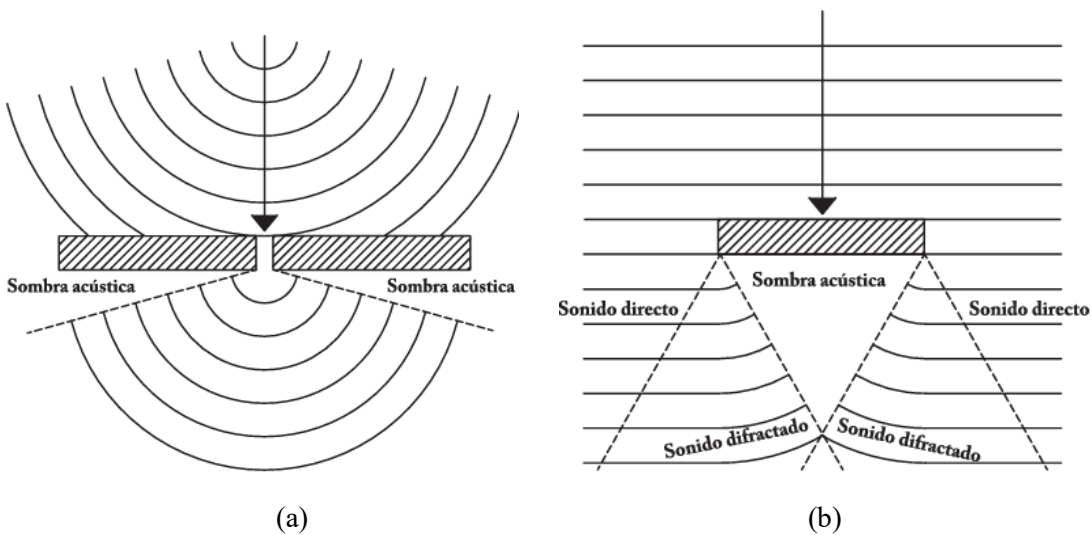
2.2.8.3.Difracción

La difracción ocurre cuando una onda incide en un obstáculo o una abertura de unas dimensiones similares a su longitud de onda. Si las dimensiones del objeto son muy pequeñas frente a su longitud de onda, la onda pasa casi sin verse afectada por la presencia del obstáculo, pero si sus dimensiones son muy grandes, se producirán los fenómenos de reflexión, refracción y absorción. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

En la figura de abajo se observa la difracción de las ondas y la generación de la llamada zona de sombra, a la que la onda refractada no llega. En (a) la onda pasa por el medio de la superficie, las ondas se curvan y se propagan por detrás de la abertura, rellenando parcialmente la zona de sombra. En (b) la onda pasa por los lados de la superficie, las ondas se doblan y se propagan por los bordes de la superficie, se genera una zona de sombra detrás del objeto.

Figura 12

Difracción de una onda



Nota. Extraído de (Rivas Kubler, 2019)

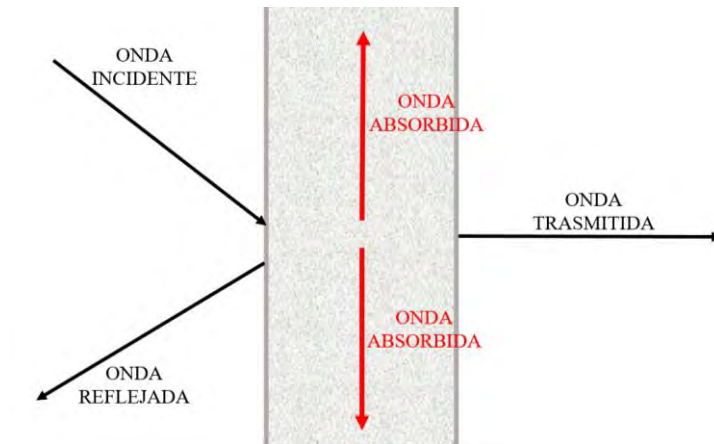
2.2.8.4. Absorción

Se produce cuando una onda se propaga por un medio y parte de su energía es absorbida por las moléculas que forman parte de este medio. La cantidad de energía absorbida depende de las propiedades del medio y de las características de la onda. Por lo tanto, cuando la onda llega a la superficie y se refracta, una parte de esta energía refractada es absorbida en el interior de la propia superficie. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

La ilustración muestra la incidencia de una onda sobre un material, una parte de esta se refleja, la otra es ingresa al material y una parte es absorbida por este, y lo que queda se trasmite hacia otro medio.

Figura 13

Absorción de una onda



Nota. Elaboración propia

2.2.8.5.Difusión

La difusión se produce cuando la superficie reflectante presenta rugosidades o irregularidades, las reflexiones se producen en distintas direcciones, a este fenómeno se le conoce como difusión. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

La imagen muestra el proceso de difusión, en el cual una onda choca contra una superficie rugosa y se refleja en múltiples direcciones.

Figura 14

Absorción de una onda



Nota. Extraído de (Rivas Kubler, 2019)

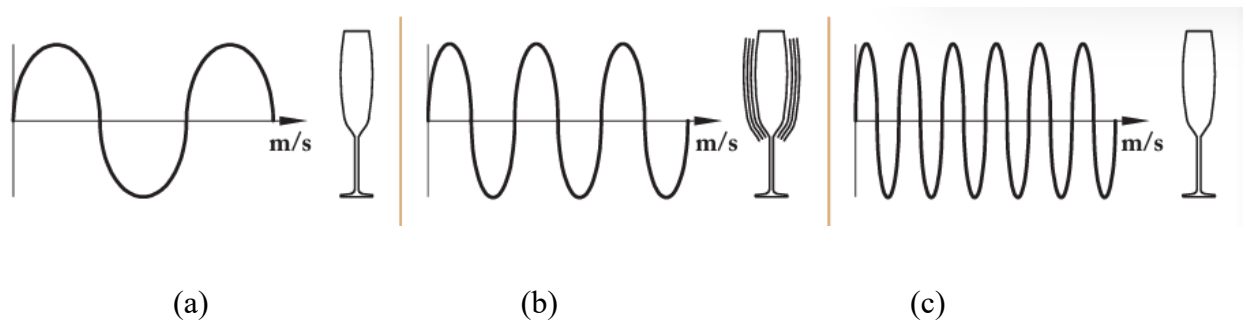
2.2.8.6.Resonancia

La resonancia es un fenómeno que se produce cuando sobre un objeto incide un sonido a una frecuencia determinada y lo hace vibrar. Esta frecuencia se denomina frecuencia de resonancia y todo cuerpo tiene una. Se debe tener en cuenta que, si esta onda tiene la intensidad suficientemente alta, podría destruir el objeto. (Rivas Kubler, 2019)

La siguiente imagen muestra un ejemplo del fenómeno de resonancia acústica aplicada a una copa de cristal que vibra cuando recibe las ondas sonoras a una frecuencia determinada. En (a) se presenta una onda de baja frecuencia, la copa no vibra porque esa frecuencia no coincide con su frecuencia natural de vibración. En (b) la copa si vibra porque la frecuencia sí coincide con la frecuencia natural de vibración de la copa, este es el fenómeno de resonancia acústica. En (c) la onda tiene una frecuencia mucho más alta que la natural de la copa, por lo tanto, la copa no vibra porque está fuera de su rango resonante.

Figura 15

Resonancia de una onda



Nota. Extraído de (Rivas Kubler, 2019)

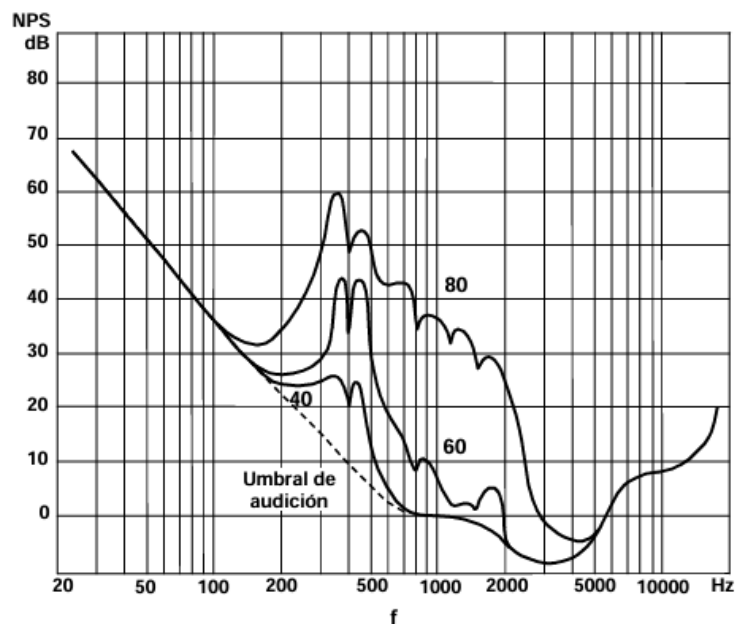
2.2.8.7. Enmascaramiento

Este fenómeno ocurre cuando se oyen dos sonidos de diferente frecuencia e intensidad al mismo tiempo, pero solo se llega a percibir el sonido de mayor intensidad, el cual se denomina sonido enmascarante, siendo el otro el sonido enmascarado. (Rivas Kubler, 2019)

En el siguiente gráfico, podemos observar un ejemplo del proceso de enmascaramiento acústico. Las curvas con valores (40, 60 y 80 dB) representan el umbral de audibilidad en presencia de un tono enmascarante. La línea discontinua corresponde al umbral de audición, el cual representa el nivel mínimo que podemos percibir sin otros sonidos presentes (en silencio). De esta forma, al aparecer un tono enmascarante como el de las curvas de 40, 60 y 80 dB, eleva el umbral de audición de las frecuencias cercanas, lo cual hace que los sonidos más débiles en esas frecuencias ya no se escuchen porque quedan “tapados”, es decir que, los sonidos que quedan por debajo de la curva son inaudibles.

Figura 16

Enmascaramiento de una onda



Nota. Fuente (Miyara Federico, 1999)

2.2.9. Factores que influyen en la propagación del sonido

2.2.9.1. Atenuación por divergencia

En esta atenuación la fuente sonora emite una cierta cantidad de energía, la cual se reparte por todo el frente de onda de una forma más o menos uniforme dependiendo de su directividad. A medida que la onda avanza, el tamaño de este frente de onda aumenta, y al repartirse la cantidad de energía disminuirá conforme se aleje de la fuente. Esta atenuación depende de la forma que tenga el propio frente de onda, y es la misma para cualquier frecuencia, entonces no depende de esta. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

Esta atenuación podría llegar a ser de hasta 3 dB(A) por cada duplicación de la distancia en condiciones ideales de propagación. En la realidad, las condiciones de propagación no son homogéneas, por lo que además de la atenuación por divergencia geométrica se consideran otros factores, los cuales hace que el ruido disminuya más rápidamente. (Echazarreta, 1987)

2.2.9.2. Atenuación por absorción del aire

Este fenómeno ocurre porque la atenuación las ondas sonoras en la atmósfera real no sigue las leyes de la divergencia geométrica, ya que el aire no es un gas con densidad homogénea ni está en reposo absoluto. Entonces se entiende que, a mayor frecuencia mayor será la atenuación experimentada. (*Conceptos básicos del ruido ambiental*, s. f.)

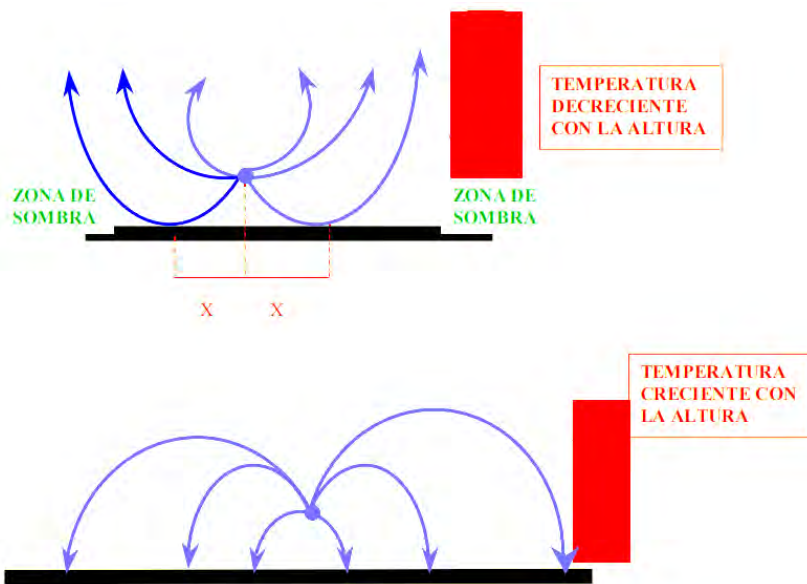
Los valores de este tipo de atenuación se obtienen experimentalmente para unas ciertas condiciones de temperatura y humedad. En los casos habituales varían de 0.3 dB(A) a 1 dB (A) por cada 100 metros de recorrido en el aire según las diferencias frecuencias. (Echazarreta, 1987)

2.2.9.3. Atenuación por condiciones meteorológicas

Esta atenuación ocurre porque las variaciones de temperatura tienen influencia en la densidad del aire y en la velocidad de propagación de las ondas sonoras. La temperatura del aire puede bajar con la altitud, que es el caso más común, o aumentar con ella (inversión térmica). Cuando la temperatura disminuye conforme se gana altura, los rayos sonoros se curvan con una pendiente mayor, lo que genera un área de sombra alrededor de la fuente. En el caso de la inversión térmica, no obstante, los rayos se doblan hacia el suelo, haciendo desaparecer la zona sombría. Esta situación de inversión térmica puede provocar un aumento de 5 a 6 dB(A) con relación a la situación normal. (*Conceptos básicos del ruido ambiental*, s. f.)

Figura 17

Influencia de la temperatura en la propagación



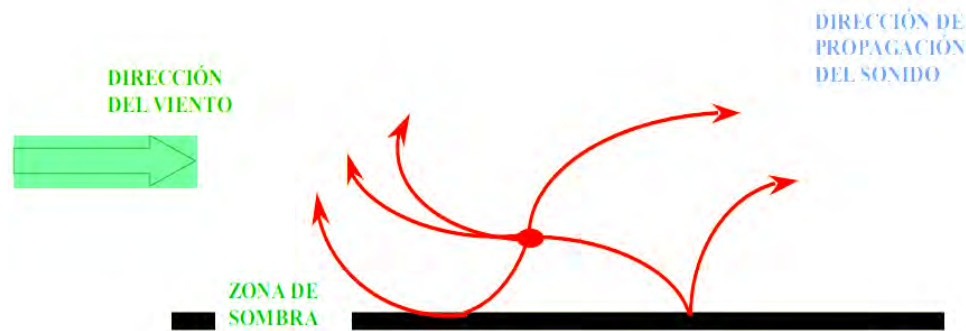
Nota. Fuente (Conceptos básicos del ruido ambiental, s. f.)

La propagación acústica es significativamente influenciada por el viento, en presencia de este, el sonido se propaga en líneas curvas en lugar de propagarse en línea recta. Cuando tiene el sentido del viento se propaga mejor ya que los rayos sonoros se curvan hacia el suelo, en cambio

al estar contra el viento su propagación es mala y es peor en ausencia del mismo, los rayos sonoros se curvan hacia lo alto, formándose una zona de sombra a partir de cierta distancia de la fuente (normalmente superior a los 200 metros). (*Conceptos básicos del ruido ambiental*, s. f.)

Figura 18

Influencia del viento en la propagación



Nota. Fuente (*Conceptos básicos del ruido ambiental*, s. f.)

2.2.9.4. Atenuación por absorción del suelo

Esta atenuación se produce por la influencia que causa la presencia de un determinado tipo de suelo en la propagación de un sonido. (Echazarreta, 1987)

La reflexión que procede del suelo llegaría con cierto retraso debido a la onda directa y por tanto aparecen fenómenos de interferencia constructiva o destructiva del sonido. (Bartí Domingo, Robert, 2010)

Las ondas sonoras experimentan reflexiones en el suelo durante su propagación, razón por la cual la naturaleza del terreno es relevante. Para distancias entre fuente y receptor menores a los 100 m, si el suelo es compacto la atenuación será casi inexistente. No obstante, si tiene porosidad o está cubierto de césped o de un tipo de vegetación uniforme, la atenuación puede volverse significativa, particularmente a frecuencias altas. Cuando el suelo no tiene recubrimiento alguno, la atenuación se produce por interferencia entre el sonido directo y el reflejado en el mismo, a frecuencias bajas (300–600 Hz) esta atenuación puede alcanzar los 50 dB en puntos situados a 250 m de la fuente. (Sancho Vendrel et al., 1996)

2.2.9.5. Atenuación por obstáculos naturales

Se refiere a la atenuación causada por las pantallas vegetales formadas por árboles y matorrales o arbustos de cierta altura, es bastante pequeña, aunque si éstas son muy densas (al menos 100 m de profundidad), pueden alcanzarse atenuaciones significativas. Esta atenuación puede variar entre 5 dB/100m para bosques no muy densos de hoja caduca y los 20 dB/100m para bosques densos de hoja perenne. (Sancho Vendrel et al., 1996)

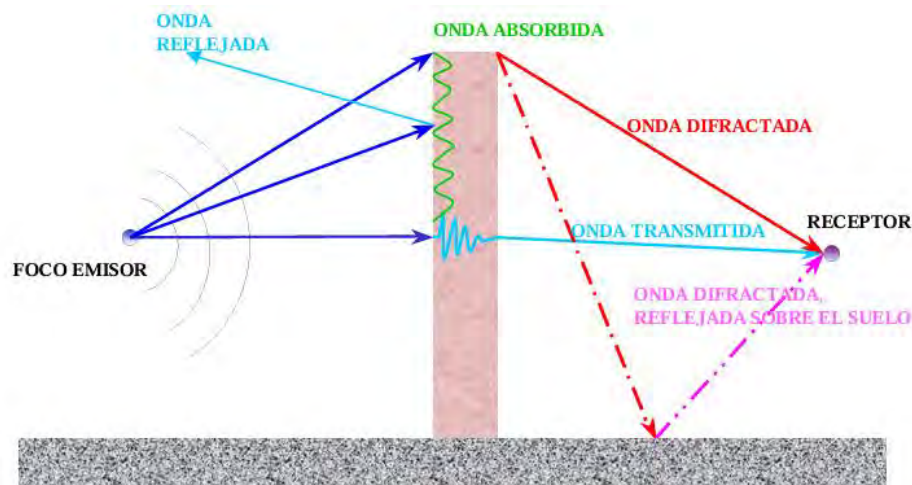
2.2.9.6. Atenuación por obstáculos artificiales

Este apartado se refiere al efecto de las pantallas acústicas y de los edificios sobre la propagación del sonido. Las pantallas acústicas constituyen uno de los elementos más efectivos en la reducción del ruido generado por algunos tipos de fuentes sonoras.

Cuando una onda de sonido se propaga y encuentra un obstáculo sólido, este le devuelve una parte de la energía, otra es absorbida por el obstáculo al penetrar en su interior y convertirse en vibraciones que pueden generar ondas acústicas nuevas, mientras que el resto de la energía "rodea" el obstáculo, lo cual causa que el campo acústico se altere debido a la difracción. (Conceptos básicos del ruido ambiental, s. f.)

Figura 19

Efecto de los obstáculos en la propagación

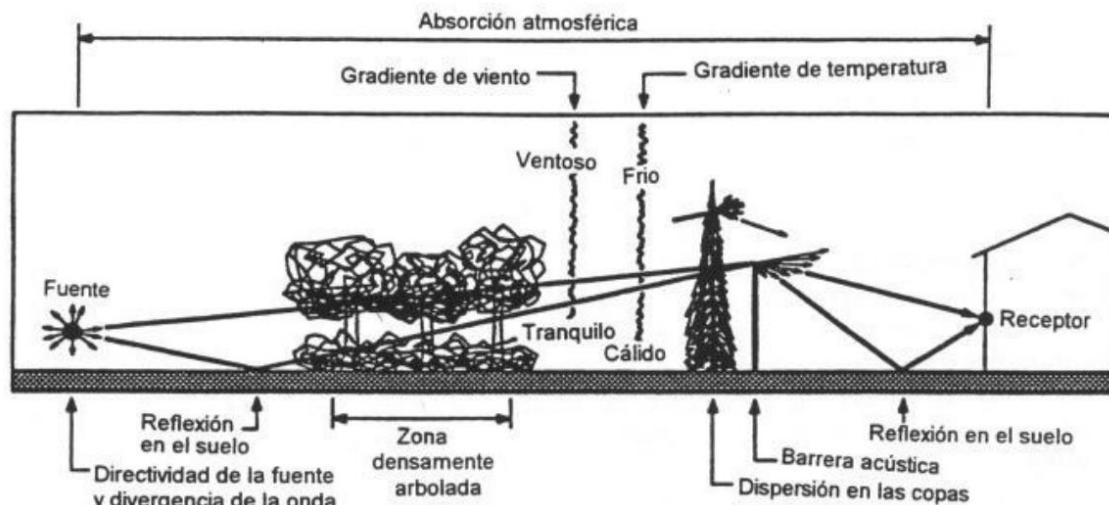


Nota. Fuente (Conceptos básicos del ruido ambiental, s. f.)

A continuación, se muestra una imagen que representa todas las formas de atenuación del sonido antes mencionadas. Es de esta manera en la cual se atenúan las ondas sonoras en la vida real, siguiendo una serie de transformaciones en su trayecto desde que es generada por el emisor hasta llegar al receptor.

Figura 20

Atenuación del sonido



Nota. Fuente (Millán Castillo, 2013)

2.2.10. Percepción del sonido

La percepción del sonido depende de diversas variables, entre las que se encuentran la intensidad y el tono. La primera permite distinguir entre sonidos altos y bajos; está vinculada a la presión o a la intensidad acústica. Por su parte, el tono se asocia con la frecuencia del sonido (a mayor agudeza del sonido, mayor es su frecuencia) y permite diferenciar entre sonidos graves y agudos. El ritmo, el timbre y otros elementos pueden tener una influencia. Así, podemos diferenciar dos conceptos que están muy relacionados, pero son diferentes: la onda sonora, que es el ente físico capaz de generar la percepción de sonido; y la sonoridad, que es la sensación subjetiva provocada por algunas fluctuaciones de presión en el oído. Los sonidos, en términos generales, se componen de la combinación de componentes con frecuencias diferentes; su sonoridad depende de las contribuciones relativas de cada componente, es decir, de las frecuencias presentes y sus respectivas intensidades. (*Conceptos básicos del ruido ambiental*, s. f.)

2.2.10.1. Sonoridad

La sonoridad es una característica subjetiva. Estudios realizados sobre un gran número de oyentes ha permitido tabular un conjunto de curvas de igual sonoridad (curvas isofónicas) las cuales indican el nivel sonoro de los distintos tonos puros que producen la misma sensación sonora para cada nivel de sonoridad. (*Conceptos básicos del ruido ambiental*, s. f.)

La sonoridad se mide en sonios, los cuales se definen como la sonoridad de un tono de 1 kHz, con un nivel de presión sonora de 40 dB. Se trata de una escala subjetiva y ha sido establecida para la comparación de sonidos. De esta forma, un sonido de 2 sonios es el doble de sonoro que el sonido de 1 sonio. Un sonido de 4 sonios es 4 veces más sonoro que 1 sonio, etc. El nivel de sonoridad es una escala decibélica que se mide en fonios, y es lo que representan las curvas isofónicas desarrolladas por Fletcher y Munson (1933), recalculadas por Robinson y Dadson (1956), y adaptadas por la norma UNE-ISO 226:2023 sobre “Líneas isofónicas normales”. Los sonios se calculan a partir de 40 fonios, mientras que los fonios, establecidos empíricamente, se aplican a todo el rango audible (desde 0 dB). (Soto Molina, 2024)

2.2.10.2. Curvas isofónicas

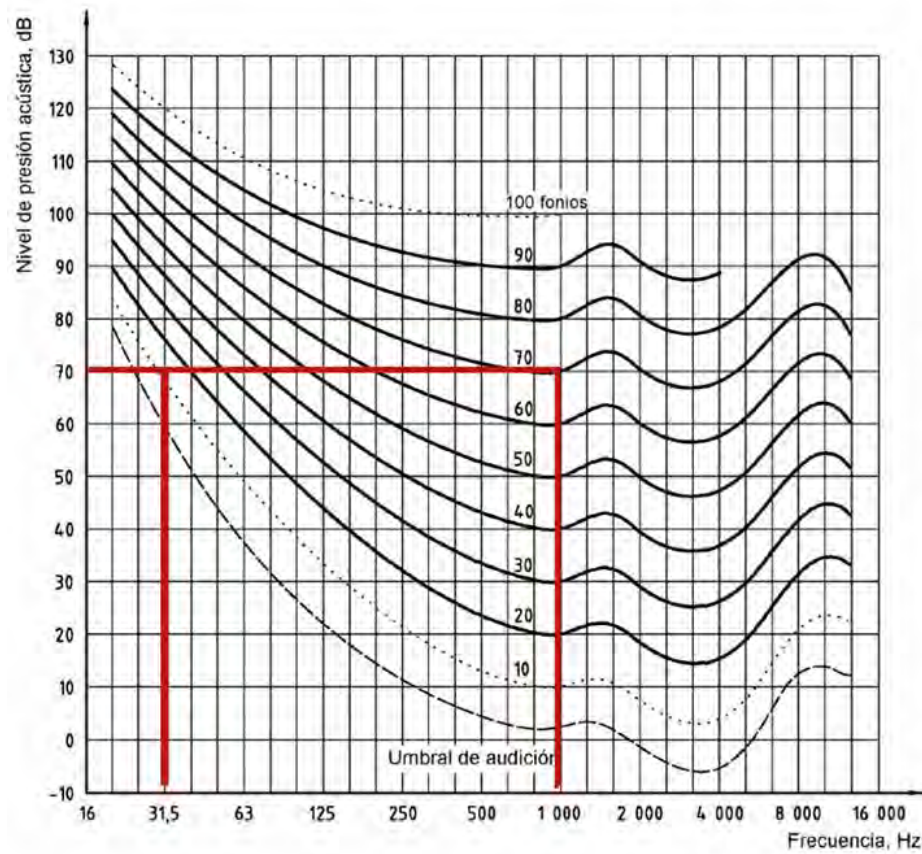
Son una representación del funcionamiento del oído humano. No es sensible de la misma forma a las frecuencias distintas. Por lo tanto, un ruido será más molesto a medida que contenga una mayor proporción de frecuencias altas para el mismo nivel de presión sonora. Se establecieron una serie de filtros con la finalidad de ajustar el nivel sonoro al oído humano, usando las curvas de isonoridad. Esto se hace disminuyendo las frecuencias bajas para que la señal recogida por el micrófono sea representativa del ruido que realmente se percibe. Se introduce el concepto de filtros de ponderación en la medición del ruido para considerar esta

sensibilidad. Estos filtros funcionan de tal modo que los niveles de presión de cada banda de frecuencia se ajustan conforme a la frecuencia, basándose en ciertas curvas de ponderación. Se han establecido distintos filtros con este criterio, entre ellos los más conocidos: A, B, C y D. El filtro A es el que se emplea en el dominio del ruido de transporte, y la presión sonora medida se expresa en decibelios A (dBA). (*Conceptos básicos del ruido ambiental*, s. f.)

La siguiente figura muestra las curvas isofónicas. El eje horizontal representa la frecuencia del sonido medida en Hercios (Hz), la cual va desde los 16 Hz (graves muy bajos), hasta los 16000 (agudos muy altos). El eje vertical representa los niveles de presión acústica medido en decibelios (dB). Las curvas negras representan el nivel de sonoridad constante medido en fonios. Por ejemplo, la curva de 70 fonios significa que todos los puntos sobre esa línea son percibidos por el oído como igual de fuertes que un tono puro de 1000 Hz a 70 dB. La curva inferior representa el umbral de audición, y la curva superior punteada el umbral del dolor.

Figura 21

Curvas isofónicas



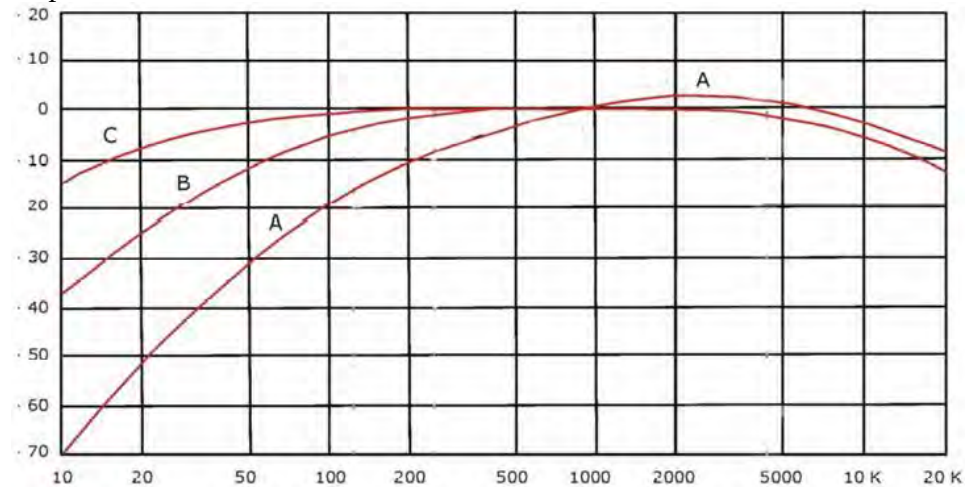
Nota. Extraído de (UNE-ISO 226:2013 Acústica. Líneas isofónicas normales.)

La imagen que se presenta a continuación muestra a las curvas de ponderación A, B y C, las cuales son utilizadas en sonómetros y mediciones de ruido para aproximar a la percepción real del oído humano frente a diferentes frecuencias. El eje horizontal representa la frecuencia del sonido medida en Hercios (Hz), la cual va desde 10 Hz hasta 20 Hz. El eje vertical representa la corrección de los niveles de presión sonora medido en Decibelios (dB).

La ponderación A es la más utilizada y la que más se asemeja al oído humano, está basada en la curva isofónica de 40 fonios. La ponderación B es la menos utilizada y está basada en la curva de 70 fonios. La ponderación C está basada en la curva de 100 fonios y se utiliza para el estudio de sonidos con niveles de presión acústica elevados. (Soto Molina, 2024)

Figura 22

Curvas de ponderación humana



Nota. Extraído de (*Conceptos básicos del ruido ambiental*, s. f.)

2.2.11. Ruido

El ruido es un sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte a la salud de las personas. (DECRETO SUPREMO, 2003)

Podemos definir el ruido como un sonido no deseado y que interfiere en la actividad, bienestar, fisiología o etología del receptor. El ruido es un fenómeno provocado fundamentalmente por el ser humano, y se puede considerar un impacto ambiental de nuestra actividad, no deseado y, en muchos casos inevitable, aunque pueden aplicarse medidas para reducirlo o disminuir sus efectos perjudiciales. (Soto Molina, 2024)

2.2.12. Tipos de ruido

2.2.12.1. En función al tiempo

- a) Ruido estable: Es aquel que es emitido por cualquier tipo de fuente de manera que no presente fluctuaciones considerables (más de 5 dB) durante más de un minuto. (Ministerio del Ambiente, 2013)
- b) Ruido Fluctuante: Es aquel que es emitido por cualquier tipo de fuente y que presentan fluctuaciones por encima de 5dB durante un minuto. (Ministerio del Ambiente, 2013)
- c) Ruido Intermitente: Es aquel que está presente sólo durante ciertos periodos de tiempo y que son tales que la duración de cada una de estas ocurrencias es más que 5 segundos. (Ministerio del Ambiente, 2013)
- d) Ruido impulsivo: Este ruido se caracteriza por pulsos individuales de corta duración de presión sonora. (Ministerio del Ambiente, 2013)

2.2.12.2. En función al tipo de actividad generadora de ruido

- a) Ruido generado por el tráfico automotor.
- b) Ruido generado por el tráfico ferroviario.
- c) Ruido generado por el tráfico de aeronaves.
- d) Ruido generado por plantas industriales, edificaciones y otras actividades productivas, servicios y recreativas.

(Ministerio del Ambiente, 2013)

2.2.12.3. En función a su composición de frecuencia

- a) Ruido blanco: Tiene la misma energía en todas las frecuencias, es por lo tanto un tipo de ruido con espectro plano. (Redonda Fernández, 2013)
- b) Ruido Rosa: El nivel de energía decae a razón de 3 dB/octava. Se utiliza como señal de referencia para las medidas acústicas en las que se debe descomponer la señal en bandas de octava o fracción de octava, como en medidas de aislamiento acústico, potencia sonora, absorción acústica. (Redonda Fernández, 2013)
- c) Ruido marrón: Tiene más energía a bajas frecuencias que el ruido rosa. (Martín Domingo, 2014)

2.2.13. Índices de medición de ruido ambiental

2.2.13.1. Nivel continuo equivalente $L_{eq}(T)$

Cuando medimos ruido con un sonómetro o cuando calculamos el ruido mediante un software predictivo, obtenemos un valor que representa el nivel de ruido promediado en el periodo de medición o de cálculo. Entonces, este valor se refiere a la media energética de la presión sonora en un intervalo de tiempo definido. (Soto Molina, 2024)

2.2.13.2. Nivel continuo equivalente ponderado A $L_{Aeq}(T)$

Se sabe que los niveles de ruido sin ponderación no representan fielmente el comportamiento o percepción del oído humano a cada frecuencia. Por este motivo, se hace necesario aplicar una ponderación que, en ruido ambiental, es la ponderación A. Aplicando esta ponderación a cada frecuencia del ruido medido, obtenemos el nivel continuo equivalente ponderado A. (Soto Molina, 2024)

2.2.13.3. Nivel de presión sonora máxima ($L_{m\acute{a}x}$)

Es el máximo Nivel de presión sonora registrado durante un periodo de medición dado.
(Ministerio del Ambiente, 2013)

2.2.13.4. Nivel de presión sonora mínima ($L_{m\acute{i}n}$)

Es el mínimo Nivel de presión sonora registrado durante un periodo de medición dado.
(Ministerio del Ambiente, 2013)

2.2.13.5. Horarios de medición

- a) Horario Diurno: Período comprendido desde las 07:01 horas hasta las 22:00 horas.(DECRETO SUPREMO, 2003)
- b) Horario Nocturno: Período comprendido desde las 22:01 horas hasta las 07:00 horas del día siguiente. (DECRETO SUPREMO, 2003)

2.2.13.6. Índices estadísticos o percentiles

Si tomando como referencia un registro de datos instantáneos de ruido, o de datos correspondientes a incrementos de tiempo pequeños, se puede calcular no solo el $LA_{eq}(T)$, sino también una serie de datos estadísticos que nos dan información acerca del ruido a estudiar.
(Soto Molina, 2024)

- a) Percentil L1: nivel alcanzado o sobrepasado durante el 1 % del tiempo en el período considerado. Es similar al pico de ruido alcanzado. (Soto Molina, 2024)
- b) Percentil L10: nivel alcanzado o sobrepasado durante el 10 % del tiempo. (Soto Molina, 2024)

- c) Percentil L50: nivel que se sobrepasa el 50 % del tiempo de medición. Es la mediana estadística. (Soto Molina, 2024)
- d) Percentil L90: nivel alcanzado o sobrepasado durante el 90 % del tiempo. Puede asemejarse al ruido de fondo. (Soto Molina, 2024)

2.2.14. Instrumentación de medición

2.2.14.1. Sonómetro

Es el equipo fundamental para calcular una señal de sonido. Es un dispositivo electrónico que ofrece una medición objetiva y repetible de la presión del sonido. En el mercado hay una amplia gama de estos dispositivos, pero en muchos casos no tienen la precisión necesaria para realizar mediciones confiables. Es por eso que se debe tomar en cuenta el tipo y la clase de sonómetro que se va a adquirir. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

2.2.14.1.1. Tipos de sonómetro

- a) Sonómetro convencional: Estos equipos proporcionan a cada momento el nivel de presión acústica existente en ese instante. (Avilés López, Perera Martín, 2017)
- b) Sonómetro integrado: Se utilizan para realizar mediciones de calidad, ya que, son capaces de medir niveles de presión sonora continuos equivalentes (LeqT). (Avilés López, Perera Martín, 2017)

2.2.14.1.2. Clasificación de los sonómetros según su precisión

- a) Tipo 0: son sonómetros con exigencias exhaustivas, se usan para trabajos de investigación en laboratorio. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

- b) Tipo 1: estos sonómetros son adecuados para trabajos de campo de precisión. (Avilés López, Perera Martín, 2017)
- c) Tipo 2: son sonómetros con exigencias menores, adecuados para trabajos de exploración general. (Avilés López, Perera Martín, 2017)
- d) Tipo 3: estos solo ofrecen un nivel aproximado. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

2.2.14.2. Micrófono

Es un dispositivo que transforma una señal acústica en una señal eléctrica. Este aparato es muy delicado, por lo cual se debe proteger adecuadamente y seguir las indicaciones del fabricante respecto a su fabricación (MINAN, 2013). Se recomienda usar un protector de viento durante la medición en exteriores. (Instituto Nacional de Calidad (INACAL), 2021)

2.2.14.3. Calibrador acústico

Es el instrumento normalizado utilizado para verificar la exactitud de la respuesta acústica de los instrumentos de medición y que satisface las especificaciones declaradas por el fabricante. (MINAN, 2013)

El calibrador, se trata de un aparato portátil que emite una señal sonora estable y bien definida en términos de nivel y frecuencia. Este equipo se adapta al micrófono del sonómetro y mide la señal emitida por el calibrador. Al igual que el sonómetro, existen clases de calibrador (clase 1, clase 2), por lo cual, este se debe seleccionar según la clase de sonómetro que se utilice. (Avilés López, Perera Martín, 2017)

2.2.15. Contaminación sonora

La contaminación acústica se define como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. (Martínez Llorente & Peters, 2013)

La contaminación sonora es uno de los factores característicos de los espacios urbanos, que ha sido consecuente con el crecimiento de las actividades económicas que, en gran parte con el modelo de industrialización, permitió su crecimiento exponencial y acelerado. (Fernández, 2000)

Hoy en día, este es uno de los problemas más relevantes que pueden impactar a la población, pues estar expuestos a niveles altos de ruido puede provocar insomnio, vértigo, estrés, presión arterial alta, pérdida de audición y trastornos del habla. Además, tiene un impacto en especial sobre los niños y su capacidad para aprender. (Oefa, 2016)

2.2.16. Estándares de Calidad Ambiental para Ruido (ECA)

Son aquellos que consideran los niveles máximos de ruido en el ambiente exterior, los cuales no deben excederse a fin de proteger la salud humana. Dichos niveles corresponden a los valores de presión sonora continua equivalente con ponderación A. (DECRETO SUPREMO, 2003)

Los ECA Ruido son instrumentos de gestión ambiental prioritarios para prevenir y planificar el control de la contaminación sonora. Estos representan los niveles máximos de nivel de presión sonora en el ambiente que no deben sobrepasarse para proteger la salud de las personas, según las siguientes zonas de aplicación: (Oefa, 2016)

2.2.16.1. Zona de protección especial

La zona que tiene una alta sensibilidad acústica incluye las áreas del territorio que necesitan protección especial contra el ruido y donde se encuentran hospitales, escuelas, asilos y orfanatos. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.16.2. Zona Residencial

Es un área que el gobierno local correspondiente ha autorizado para ser utilizada con fines residenciales o habitacionales, donde pueden existir concentraciones de población altas, medias y bajas. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.16.3. Zona Comercial

Es un sector que ha sido autorizado por el gobierno local para llevar a cabo actividades comerciales y de servicios. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.16.4. Zona Industrial

Se trata de una zona que el gobierno local competente ha autorizado para llevar a cabo actividades industriales. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.16.5. Zonas Mixtas

Son áreas en las que dos o más zonificaciones se juntan o se cruzan dentro de una misma manzana, es decir: Comercial - industrial, residencial - comercial, residencial - industrial o comercial - industrial - residencial. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.16.6. Zonas críticas de contaminación sonora

Son las áreas que superan un nivel de presión sonora continua equivalente a 80 dBA.
(Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

La tabla presentada a continuación muestra los valores máximos permitidos de presión acústica que cada zona debe de cumplir. Estos valores están expresados en dB(A) y se deben cumplir según el horario correspondiente.

Tabla 2

Límites máximos permisibles de emisiones sonoras

ZONAS DE APLICACIÓN	VALORES EXPRESADOS	
	EN L_{AeqT}	
	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Nota. Tabla extraída de (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

La siguiente tabla muestra los límites de ruido permisibles en distintos ambientes establecidos por la OMS. Se utiliza para proteger la salud frente a los diferentes efectos del ruido.

Tabla 3

Valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos

Ambiente Específico	Efecto(s) crítico(s) sobre la salud	L_{Aeq} [dB(A)]	Tiempo [horas]	L_{max} fast [dB]
Exteriores	Molestia grave en el día y al anochecer	55	16	-
	Molestia moderada en el día y al anochecer	50	16	-
Interior de la vivienda, dormitorios	Interferencia en la comunicación oral y molestia moderada en el día y al anochecer	35	16	
	Trastorno del sueño durante la noche	30	8	45
Fuera de los dormitorios	Trastorno del sueño, ventana abierta (valores en exteriores)	45	8	60
Salas de clase e interior de centros preescolares	Interferencia en la comunicación oral, disturbio en el análisis de información y comunicación del mensaje	35	Durante clases	-
Dormitorios de centros preescolares, interiores	Trastorno del sueño	30	Durante el descanso	45
Escuelas, áreas exteriores de juego	Molestia (fuente externa)	55	Durante el juego	-
Hospitales, pabellones, interiores	Trastorno del sueño durante la noche	30	8	40
	Trastorno del sueño durante el día y al anochecer	30	16	-
Hospitales, salas de tratamiento, interiores	Interferencia en el descanso y la recuperación	#1		
Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	70	24	110
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento	Deficiencia auditiva (patrones: < 5 veces/año)	100	4	110
Discursos públicos, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	85	1	110
Música y otros sonidos a través de audífonos o parlantes	Deficiencia auditiva (valor de campo libre)	85 #4	1	110
Sonidos de impulso de juguetes, fuegos artificiales y armas	Deficiencia auditiva (adultos)	-	-	140 #2
	Deficiencia auditiva (niños)	-	-	120 #2
Exteriores de parques de diversión y áreas de conservación	Interrupción de la tranquilidad	#3		

#1: Lo más bajo posible.

#2: Presión sonora máxima (no LAF, máx) medida a 100 mm del oído.

#3: Se debe preservar la tranquilidad de los parques y áreas de conservación y se debe mantener baja la relación entre el ruido intruso y el sonido natural de fondo.

#4: Con audífonos, adaptado a valores de campo libre.

Nota. Tabla extraída de (Berglund et al., 1999)

2.2.17. Ruido producido por el flujo vehicular

El flujo vehicular se define como la cantidad de vehículos que circula por una vía en un periodo de tiempo determinado. Se expresa en vehículos por hora (veh/h) y puede desagregarse por tipo: ligeros, pesados, motocicletas, etc. (MINAN, 2013)

El ruido de una carretera proviene del conjunto de todos los vehículos que transitan por ella. Un receptor ubicado cerca de una carretera percibe que, al pasar un vehículo aislado, el nivel sonoro de fondo se eleva hasta llegar a su punto máximo y luego vuelve a bajar conforme se aleja. Cuando el tráfico alcanza una determinada intensidad, el ruido que se percibe se vuelve continuo y cambia con el tiempo, aunque los períodos de silencio desaparecen casi por completo. Por lo tanto, la carretera puede ser considerada una fuente de ruido lineal. (Echazarreta, 1987)

En términos físicos, el ruido generado por un vehículo está determinado por su tipo (automóvil, motocicleta, bus, camión), la configuración y los componentes de control de ruido que tiene incorporados, las condiciones mecánicas y las condiciones de operación (aceleración o desaceleración, marcha constante, relación de transmisión y manera de conducir) así como también por la condición en la que se halla la calzada. La unidad propulsora, el ventilador, la transmisión, la rodadura, los frenos y las oscilaciones de la carrocería y la carga son las fuentes más relevantes de ruido en un vehículo. Las fuentes sonoras en un motor de combustión interna son las explosiones en el interior de los cilindros que producen impulsos de presión en el interior, las fuentes mecánicas son los impactos del pistón en el cilindro y del sistema de distribución y de las válvulas. (Dintrans, 2008)

En la siguiente figura se pueden apreciar las principales fuentes emisoras de ruido que presenta un vehículo. Tenemos fuentes de origen mecánico, aerodinámico y de rodadura.

Figura 23

Principales fuentes sonoras de un vehículo



Nota. Extraído de (Echazarreta, 1987)

2.2.17.1. Influencia de la intensidad del flujo vehicular

Alude a la influencia que ejerce el volumen de vehículos que transitan por una vía durante un periodo de tiempo específico. Esto significa que, mientras más vehículos transiten por una sección de carretera en un tiempo específico, la presión acústica que se percibe en el área circundante durante ese período será más alta. Desde la perspectiva acústica, si se duplica el número de vehículos y permanecen constantes las demás condiciones, los niveles de sonido aumentan en 3 dB(A). Este fenómeno se manifiesta mucho, ya que, el tráfico no permanece constante a lo largo del tiempo debido a que se producen variaciones horarias, diarias, semanales, estacionales, etc. (Echazarreta, 1987)

2.2.17.2. Influencia de los vehículos pesados

La cuestión es que los vehículos pesados producen más ruido que los ligeros. Esto sucede porque, en gran parte, los vehículos pesados tienen motores diésel, que funcionan con un proceso de combustión diferente al de la gasolina. El ruido emitido por los vehículos es causado por la velocidad de su rotación. En los motores diésel, esta es siempre inferior, lo que hace que sus sonidos contengan más frecuencias bajas. Además, los motores diésel generan fluctuaciones más amplias de presión en el cilindro, lo que causa niveles sonoros más elevados, originados tanto de las fuentes mecánicas como de las de combustión. (Dintrans, 2008)

2.2.17.3. Influencia de la infraestructura vial

a) Pendiente de la vía

En este caso, cuando la vía presenta una pendiente pronunciada y los vehículos ascienden, estos disminuyen su velocidad y fuerzan más el régimen del motor, sobre todo en el caso de los vehículos pesados. Este régimen de circulación es más ruidoso que el correspondiente a una vía horizontal (Echazarreta, 1987). De esta forma, se calcula que, para una pendiente del 15%, el incremento de nivel sonoro es del orden de 4 dB(A), para un porcentaje de vehículos pesados entre el 5 y el 15%. (Dintrans, 2008)

b) Tipo de pavimento

El tipo de pavimento por el que circulan los vehículos, sobre todo a altas velocidades, influye en la generación del ruido del flujo vehicular. Existen pavimentos con un comportamiento acústico mejor que otros, cuando más absorbente acústicamente sea

el pavimento de la carretera, menor será la cantidad de energía acústica que se propaga más allá de la plataforma de la vía. (Echazarreta, 1987)

El tipo de superficie de rodadura tiene un importante efecto en la emisión sonora debido a la interacción con los neumáticos, las vías compuestas por adoquines incrementan la emisión acústica entre 3 y 6 dB(A), mientras que las superficies porosas disminuyen el efecto acústico entre 1 y 3 dB(A) en función a la velocidad del vehículo. (Comisión Europea, 2003)

Tabla 4

Variación de la emisión de ruido en función del tipo de pavimento

Tipo de superficie de calzada	Modificación de emisión de ruido en dB(A)		
	≤ 60 km/h	61-80 km/h	> 80 km/h
Superficie porosa	-1	-2	-3
Asfalto u hormigón uniforme		0	
Hormigón de cemento y asfalto ondulado		+2	
Adoquines de textura uniforme		+3	
Adoquines de textura irregular		+6	

Nota. Extraído de (Comisión Europea, 2003)

c) Anchura de la vía

El número de carriles, la mediana, la existencia y anchura de arcenes exteriores e interiores delimitan la extensión de la fuente de ruido. Si bien es frecuente considerar una única fuente de ruido, situada en el eje de la carretera, los estudios más precisos deben tener en cuenta la distribución espacial de cada una de las líneas de tráfico presentes en la carretera, sobre todo para analizar los niveles de ruido en un entorno muy próximo de la carretera. (Echazarreta, 1987)

2.2.17.4. Influencia del régimen de conducción

El régimen de conducción tiene un impacto principalmente en velocidades bajas. El ruido producido por un vehículo se ve afectado cuando este acelera o desacelera. Cuando el vehículo acelera, el nivel de ruido es más alto que cuando desacelera. Para los autos con motor de gasolina, esta variación es más significativa que para los que tienen motor diésel. La conducción "agresiva" produce un incremento de 2 a 4 dB(A) en comparación con una conducción "normal", y de 5 a 7 dB(A) en comparación con una conducción "suave", siempre para un vehículo medio con motor de gasolina. (Dintrans, 2008)

2.2.17.5. Influencia de la propagación del sonido

El camino que recorre el sonido desde la fuente hasta el receptor se da principalmente a través del aire. A lo largo de este camino, el sonido se reduce con la distancia debido principalmente a tres efectos: divergencia, absorción/difusión y obstáculos. (Dintrans, 2008)

2.2.18. Mapas de Ruido

Se conoce como la representación gráfica en un mapa de los niveles de presión acústica que existen en una zona específica y durante un tiempo determinado. El mapa de ruido es útil para establecer el grado de exposición de la población al ruido ambiental, lo que permite implementar programas o planes para prevenir y disminuir los niveles del mismo, especialmente cuando la exposición podría afectar negativamente la salud de las personas. Los mapas de ruido generalmente se representan con mapas horizontales de líneas isofónicas a una altura determinada del suelo. Las líneas isofónicas suelen referirse a un nivel sonoro continuo equivalente. Los mapas de ruido pueden ser generales o concentrarse en una o más fuentes específicas. Los mapas urbanos serían del primer tipo, mientras que es frecuente realizar mapas

específicos del entorno de las carreteras, de los ferrocarriles, de los aeropuertos, de canteras, zonas recreativas, zonas de obra, zonas industriales. (Ministerio del Ambiente, 2013)

La siguiente tabla muestra las condiciones que se tienen que tomar en cuenta para elaborar un mapa de ruido, el cual indica que cada nivel sonoro estará representado por un color diferente.

Tabla 5

Condiciones para elaborar el mapa de ruido

Nivel Sonoro (dB)	Nombre del Color	Color	Trama
< 35	Verde claro		Puntos pequeños, densidad baja.
35-40	Verde		Puntos medianos, densidad media.
40-45	Verde oscuro		Puntos grandes, densidad alta.
45-50	Amarillo		Líneas verticales, densidad baja.
50-55	Ocre		Líneas verticales, densidad media.
55-60	Naranja		Líneas verticales, densidad alta.
60-65	Cinabrio		Entramado de cruces, densidad baja.
65-70	Carmin		Entramado de cruces, densidad media.
70-75	Rojo lila		Entramado de cruces, densidad alta.
75-80	Azul		Rayas verticales anchas.
80-85	Azul oscuro		Totalmente negro.

Nota. Extraído de Instituto Nacional de Calidad (INACAL), (2021)

2.2.19. Organismos de Gestión del Ruido Ambiental en Perú

2.2.19.1. Ministerio del Ambiente (MINAM)

Se ocupa de fomentar y supervisar la ejecución de políticas ambientales sectoriales que buscan no sobrepasar los estándares nacionales de calidad ambiental en lo que respecta al ruido. Para ello, colabora con los sectores competentes en el establecimiento, revisión y ajuste de los Límites Máximos Permisibles y da su aprobación a las directrices generales para la creación de

planes de acción destinados a prevenir y controlar la contaminación sonora. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.19.2. Ministerio de Salud

Le compete establecer o validar criterios y metodologías para la vigilancia y monitoreo de la contaminación acústica en el ámbito local. Además, evalúa los programas locales de vigilancia y monitoreo del ruido, pudiendo encargar a instituciones públicas o privadas dichas acciones. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.19.3. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI)

Entre sus funciones, se encuentra la autoridad para dar su aprobación a las normas metrológicas que conciernen a los instrumentos de medición acústica. También tiene la responsabilidad de calificar y registrar organizaciones públicas o privadas con el propósito de que efectúen la calibración de los equipos para medir ruidos. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.19.4. Otros Ministerios

Estos tienen la responsabilidad de establecer las regulaciones sobre el ruido generado por las actividades que estén bajo su jurisdicción y supervisar que se cumplan, pudiendo delegar esta tarea a terceros. Para llevar a cabo estas tareas, existen los siguientes ministerios:

- Ministerio de la Producción
- Ministerio de Agricultura
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
- Ministerio de Energía y Minas

(Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.19.5. Municipalidades Provinciales

Las Municipalidades Provinciales, sin perjuicio de las funciones legalmente asignadas, tienen potestad para:

- Diseñar y llevar a cabo, en colaboración con las municipalidades distritales, los planes para prevenir y controlar la contaminación acústica.
- Para evitar y controlar la contaminación sonora, supervisar el acatamiento de las regulaciones establecidas en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.
- Crear, instaurar y poner en ejecución la escala de sanciones para las actividades reguladas bajo su jurisdicción que no cumplan con lo establecido en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Ruido.
- Establecer, en colaboración con las municipalidades distritales, las normas de prevención y control de la contaminación acústica para las actividades de servicios, comerciales y domésticas.
- En conjunto con los municipios distritales, establecer los límites máximos autorizados para las actividades y servicios bajo su responsabilidad, de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.(Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.19.6. Municipalidades Distritales

Las Municipalidades Distritales, sin perjuicio de las funciones legalmente asignadas, tienen potestad para:

- Ejecutar, en colaboración con las municipalidades provinciales, los planes de control y prevención de la contaminación acústica en su área.
- Para evitar y regular la contaminación acústica dentro del marco establecido por la Municipalidad Provincial, se debe supervisar el cumplimiento de las normas establecidas en este reglamento.
- Desarrollar, instaurar y poner en práctica el rango de sanciones para las actividades reguladas que no cumplan con lo establecido en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, dentro del marco fijado por la Municipalidad Provincial correspondiente.(Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.2.19.7. Policía Nacional

La Policía Nacional del Perú mediante sus organismos competentes se encarga de brindar apoyo a las autoridades antes mencionadas para el cumplimiento de sus funciones. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

2.3.Normatividad

- a) Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

- b) NTP-ISO 1996-1-2020 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación
- c) NTP-ISO 1996-2-2021 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental
- d) Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental
- e) Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido
- f) Manual de Carreteras-Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos
- g) Directiva N°002-2006-MTC/15 Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares
- h) Ordenanza Municipal N° 046-2008-MPC

CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

HG: La relación existente entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial en el distrito de Cusco, durante el año 2025, es directa.

3.1.2. Hipótesis específicas

HE1: Los niveles de presión acústica en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, son considerablemente altos y superan los límites permisibles establecidos en los ECA.

HE2: El flujo vehicular cuantificado en términos de volumen y clasificación vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, varía según el horario y la ubicación del punto de evaluación.

HE3: La variación del ruido según el flujo y composición vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, se incrementa con el aumento de la proporción de vehículos pesados.

HE4: La relación estadística establecida mediante análisis correlacional entre los niveles de presión sonora y el flujo de vehículos en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, es significativa.

3.2. Variables

3.2.1. Identificación de variables

3.2.1.1.Variable Dependiente

- Nombre: Nivel de presión acústica
- Tipo: Cuantitativa continua
- Medición: Sonómetro clase 1 (dBA)
- Escala: Razón

3.2.1.2.Variable Independiente

- Nombre: Flujo vehicular
- Tipo: Cuantitativa discreta y cualitativa nominal
- Medición: Conteo manual de vehículos
- Escalas:
 - Razón (número de vehículos)
 - Nominal (tipo de vehículo: ligero/pesado)

3.2.2. Operacionalización de variables

El siguiente cuadro muestra los parámetros que se utilizarán para medir las variables dependiente e independiente de la presente tesis.

Tabla 6

Matriz de Operacionalización de Variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES								
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN DE DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN DE INDICADORES	INSTRUMENTO	DEFINICIÓN DEL INSTRUMENTO
<u>Variable dependiente</u> Nivel de presión acústica	Es la representación del comportamiento energético del sonido en un entorno determinado, originado por la propagación de ondas acústicas que producen fluctuaciones de presión en el aire	El nivel de presión acústica se medirá mediante un sonómetro de clase 1, registrando los valores de los parámetros acústicos (LAeqT, Lmax y Lmin) en decibeles ponderados A [dB(A)], durante periodos horarios establecidos en los puntos de monitoreo seleccionados.	Parámetros acústicos	Conjunto de magnitudes normalizadas que describen el comportamiento del ruido ambiental en un punto y periodo determinados	LAeqT	Nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.	Sonómetro clase 1 y libreta de campo	Equipo electrónico de presión diseñado para medir los niveles de presión sonora, expresados en decibeles ponderados A dB(A)
					Lmax	Máximo nivel de presión sonora registrado utilizando la curva ponderada A (dBA) durante un periodo de medición dado		
					Lmin	Mínimo nivel de presión sonora registrado utilizando la curva ponderada A (dBA) durante un periodo de medición dado		

<u>Variable independiente</u> Flujo vehicular	Es la intensidad con la que los vehículos circulan por una vía, reflejando el grado de concentración de vehículos que utilizan la infraestructura vial	El flujo vehicular se cuantificará mediante el conteo directo de los vehículos que circulan por cada punto de monitoreo seleccionado, registrando el número total de vehículos observados durante una duración de tiempo establecido y clasificándolos según su tipo (vehículos ligeros y pesados), expresando los resultados en vehículos por hora (veh./h).	Volumen vehicular	Número total de vehículos que transitan por un punto específico durante un periodo de tiempo definido	Número de vehículos	Cantidad de vehículos que atraviesan el punto de control	Libreta de campo	Instrumento de registro manual utilizado durante el trabajo de campo para anotar de manera sistemática y ordenada la información observada o medida
			Tipo de vehículo	Categoría asignada a los vehículos automotores que circulan por una vía, considerando su peso bruto, número de ejes y uso	Duración del conteo	Periodo de tiempo en el que se realiza el conteo vehicular		
					Ligero	Vehículos de menor tamaño y peso, como los de categoría L (Con menos de 4 ruedas) y M1 (Con 4 ruedas para el transporte de pasajeros con 8 asientos o menos, sin contar el del conductor)		
					Pesado	Vehículos de mayor tamaño y peso, como los de categoría M (Con 4 ruedas o más para el transporte de pasajeros, excepto M1), N (Con 4 ruedas o más para el transporte de mercancías), O (remolques y semiremolques) y S (combinaciones de M, N y O)		

Nota. La tabla fue elaborada por los tesisistas a cargo de la investigación, cuyo contenido se obtuvo de los fundamentos teóricos previamente desarrollados.

3.2.3. Delimitación de la investigación

3.2.3.1.Delimitación espacial

La presente investigación se desarrollará en el distrito de Cusco, ubicado en la provincia y región del mismo nombre, al sureste del Perú. El estudio se enfocará específicamente en zonas de uso especial, es decir, sectores urbanos donde se ubican edificaciones sensibles al ruido, como instituciones educativas, centros de salud, asilos y orfanatos donde existe alta concentración de flujo vehicular.

A continuación, se muestran los mapas de ubicación donde se realizó la presente tesis.

Mapa 1
Mapa departamental del Cusco



Nota. Elaboración propia utilizando los softwares Google Earth y ArcGIS.

Mapa 2

Mapa provincial del Cusco

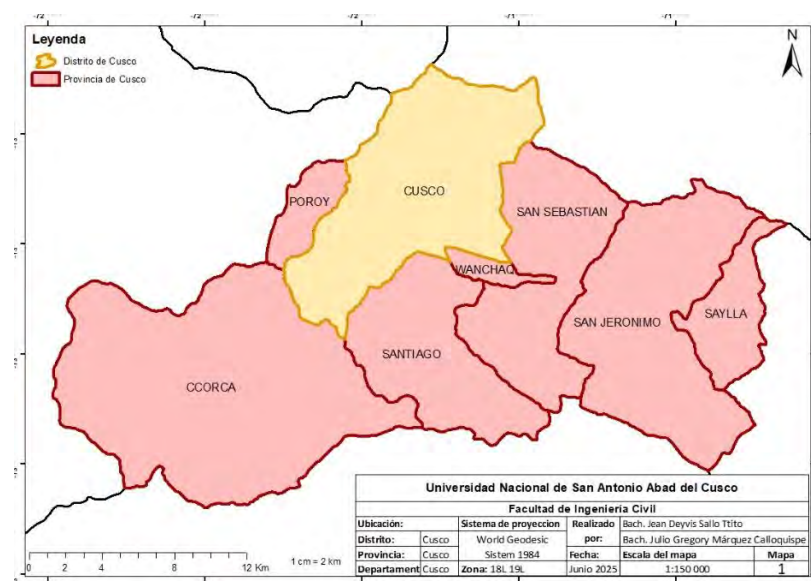


Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco					
Facultad de Ingeniería Civil					
Ubicación		Sistema de proyección	Realizado	Bach. Jean Deyvis Sallo Tito	
Distrito:	Cusco	World Geodesic	por:	Bach. Julio Gregory Márquez Calloquispe	
Provincia:	Cusco	Sistem 1984	Septiembre	Escala del mapa	Mapa
Departamento:	Cusco	Zona: 19L	2025	1:17,000	

Nota. Elaboración propia utilizando los softwares Google Earth y ArcGIS.

Mapa 3

Mapa distrital del Cusco



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco					
Facultad de Ingeniería Civil					
Ubicación		Sistema de proyección	Realizado	Bach. Jean Deyvis Sallo Tito	
Distrito:	Cusco	World Geodesic	por:	Bach. Julio Gregory Márquez Calloquispe	
Provincia:	Cusco	Sistem 1984	Fecha:	Escala del mapa	Mapa
Departamento:	Cusco	Zona: 18L 19L	Junio 2025	1:150,000	1

Nota. Elaboración propia utilizando los softwares Google Earth y ArcGIS.

3.2.3.2.Delimitación temporal

La presente investigación se desarrollará durante el año 2025, considerando un periodo específico de recolección de datos que se extenderá entre los meses de julio y setiembre. Este periodo de tiempo ha sido definido con base en criterios técnicos, climáticos y operativos que aseguran la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos.

Durante este periodo se realizarán todas las actividades de medición de presión acústica utilizando un sonómetro clase 1, así como el conteo vehicular manual en los puntos de control que fueron establecidos previamente en zonas de uso especial. Este periodo de tiempo permite registrar condiciones de tráfico y ruido típicas del contexto urbano cusqueño, evitando que haya interferencias como las que son generadas por festividades masivas como el Inti Raymi o el Corpus Christi, o también bloqueos sociales o alteraciones climáticas intensas como lluvias extremas que podrían distorsionar los resultados.

Además, el intervalo julio-setiembre coincide con meses en los que las actividades escolares, turísticas, administrativas y comerciales se desarrollan con normalidad, lo cual permite un análisis más representativo del comportamiento del ruido durante estos meses.

Finalmente, la investigación contempla no solo la recolección de datos en campo, sino también la organización, sistematización y análisis de los resultados dentro del año 2025, permitiendo así mantener la vigencia y aplicabilidad de los hallazgos encontrados en la presente tesis.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de Investigación

La presente investigación, de acuerdo al fin, es de tipo aplicada porque su estudio podrá ser aplicado como solución ante la problemática del excesivo ruido vehicular en un entorno real como es el distrito de Cusco. Además, según al tipo de datos, es de tipo cuantitativa porque se medirá el nivel de presión acústica y el flujo vehicular y se obtendrán resultados con valores numéricos medidos en decibelios (dB) y número de vehículos por hora (veh. /hora). Y según a su naturaleza, es una investigación de campo, ya que, para su desarrollo los investigadores tuvieron que medir el ruido y el flujo vehicular in situ en los 20 puntos de control establecidos.

4.2. Nivel de Investigación

La tesis presenta un nivel correlacional porque se analizará el comportamiento entre las 2 variables de la investigación como son el nivel de presión acústica y el flujo vehicular, de la cual se obtendrá un valor numérico denominado “coeficiente de correlación”, el cual medirá el nivel de correlación entre ambas variables.

4.3. Diseño de Investigación

La presente investigación tiene un diseño no experimental porque los datos obtenidos del nivel de presión acústica y flujo vehicular no serán manipulados deliberadamente, sino que se su procedimiento se limitará a la observación y registro de los fenómenos seleccionados a fin de mantener la objetividad de estos en un estado natural. Asimismo, tendrá un diseño transversal porque las mediciones de las variables se realizarán en un periodo determinado de 2 meses, de lunes a viernes en los turnos mañana, tarde y noche.

4.4. Trabajo de campo

Para el desarrollo del trabajo de campo en el presente trabajo de investigación se utilizaron las técnicas, instrumentos, herramientas y procedimientos de acuerdo a la normatividad pertinente.

4.4.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos se refieren a los procedimientos y actividades que se utilizarán en la investigación con el fin de permitir al investigador obtener la información necesaria para responder a las preguntas planteadas en su investigación. (Hurtado, 2000)

En el siguiente cuadro, en la columna izquierda se observan las técnicas que se aplicaron en la investigación, y en la derecha, el instrumento que se usó para desarrollar cada técnica.

Tabla 7
Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Revisión bibliográfica y normativa -Zonas de uso especial - Límites permisibles	-Reglamentos municipales -Norma “D.S. N°085-2003-PCM”
Observación y toma de apuntes -Volumen de flujo vehicular	-Libreta de campo
Georreferenciación de datos -Ubicación de puntos de control	-GPS portátil
Medición in situ -Presión acústica	-Sonómetro de clase 1
Sistemas de Información Geográfica (GIS) -Delimitación de zonas de estudio -Análisis y representación espacial de datos	-Software Google Earth, ArcGIS, -Software Excel, ArcGIS
Análisis Correlacional - Análisis correlacional de variables	-Software R

Nota. Tabla elaborada por los investigadores.

4.4.2. Validez y Confiabilidad de Instrumentos

La validez se refiere a que el instrumento utilizado realmente está midiendo lo que se le asignó medir. La confiabilidad se refiere al nivel en que un instrumento genera los mismos resultados en diversos ensayos.

- Reglamentos Municipales y Norma “D.S. N°085-2003-PCM”: estos documentos tienen validez porque son normas oficiales peruanas. Su confiabilidad está respaldada en su carácter legal, siendo documentos que se usan de referencia a través de los años.
- Libreta de campo: es válido porque fue diseñada en función a lo establecido en la directiva N° 002-2006-MTC/15 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Es confiable porque muestra un formato estandarizado de conteo y clasificación vehicular que es utilizado para realizar trabajos a nivel profesional generando resultados concretos y confiables.
- GPS portátil: su validez se asegura a través de la precisión de coordenadas geográficas obtenidas, las cuales pueden ser comparadas con datos cartográficos reconocidos (Google Earth). La confiabilidad se garantiza mediante la verificación satelital y la repetición de registros en los mismos puntos de medición.
- Sonómetro clase 1: este equipo es válido porque está certificado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) siguiendo los parámetros normativos de la IEC 61672 para fines de medición del nivel de presión acústica. Es confiable porque se

realiza una calibración con un calibrador acústico antes y después de cada monitoreo, asegurando la precisión de sus mediciones.

- Software Google Earth y ArcGIS: Estos programas son válidos porque son capaces de representar espacialmente los puntos de medición sobre una cartografía validada a nivel internacional, además están respaldados por sus empresas de fabricación (Google LLC y Esri). Su confiabilidad se garantiza mediante la capacidad de replicar mapas en diferentes momentos con los mismos resultados.
- Software Excel y R: estos programas son válidos porque son herramientas reconocidas y muy utilizadas en el análisis estadístico de datos, además están respaldados por sus empresas de fabricación (Microsoft y R Development Core Team). Son confiables porque pueden reproducir cálculos estadísticos, al ingresar los mismos datos se obtienen los mismos resultados, asegurando su precisión en el procesamiento de la información.

4.4.3. Equipos - Herramientas

➤ Equipos de medición

Los equipos empleados para la obtención de datos in-situ fueron los siguientes:

- Sonómetro

Se utilizará un sonómetro de clase 1 BSWA 308 con protector de viento para micrófono, el cual se puede apreciar en la imagen a continuación.

Figura 24

Sonómetro con protector de viento



Nota. Fotografía del sonómetro que es parte del equipo de medición de ruido

- Calibrador acústico

Se utilizará un calibrador acústico SLC 1356, el cual se puede apreciar en la imagen a continuación.

Figura 25

Calibrador acústico



Nota. Fotografía del equipo portátil de calibración acústica

- GPS portátil

Se utilizará un GPS Garmin GPSmap 62S, el cual se puede apreciar en la imagen a continuación.

Figura 26

GPS portátil



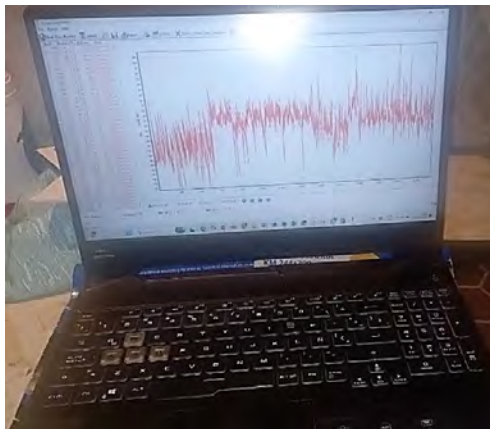
Nota. Fotografía del equipo de localización GPS portátil

- Dispositivo portátil Laptop

Se utilizó una laptop marca Asus Gaming F-15, la cual se aprecia a continuación.

Figura 27

Laptop



Nota. Fotografía del dispositivo portátil laptop

➤ Herramientas de medición

Las herramientas empleadas para la obtención de datos in-situ fueron las siguientes:

trípode, pilas, libreta de campo, tableros de madera, lapiceros, plumones, pizarra,

equipos de protección personal (EPPS), entre otros.

4.4.4. Procedimiento de Recolección de datos

➤ Selección de puntos de monitoreo

La selección de los puntos de monitoreo se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, lo que implica que los puntos fueron elegidos considerando criterios técnicos de los investigadores, orientados a cumplir con los objetivos del estudio y a garantizar la representatividad del área de estudio. Este enfoque se fundamenta en experiencias de monitoreo ambiental desarrolladas por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), en las cuales la ubicación de los puntos se determina según la sensibilidad del entorno y la influencia de las fuentes de ruido.

Se seleccionaron 20 puntos de medición que fueron distribuidos estratégicamente dentro de la zona de estudio con el fin de garantizar una cobertura espacial equilibrada y representar adecuadamente la variabilidad del ruido en diferentes sectores del distrito. La ubicación de los puntos consideró criterios técnicos como: la colindancia directa de las zonas de uso especial con vías de alto tránsito, la accesibilidad para la instalación de los equipos de medición y visibilidad para el conteo vehicular, la exposición potencial a fuentes de ruido predominantes y la posibilidad de obtener registros representativos durante los horarios de estudio. En particular, se priorizaron los puntos cercanos a instituciones educativas y de salud, asegurando que se evaluaran áreas sensibles donde se podrían registrar niveles más elevados de presión sonora.

La siguiente tabla muestra la ubicación de los 20 puntos de control en los que se realizó el monitoreo del nivel de presión sonora y conteo de tránsito vehicular, estos cuentan con sus respectivas coordenadas y nomenclatura.

Tabla 8*Puntos de control seleccionados*

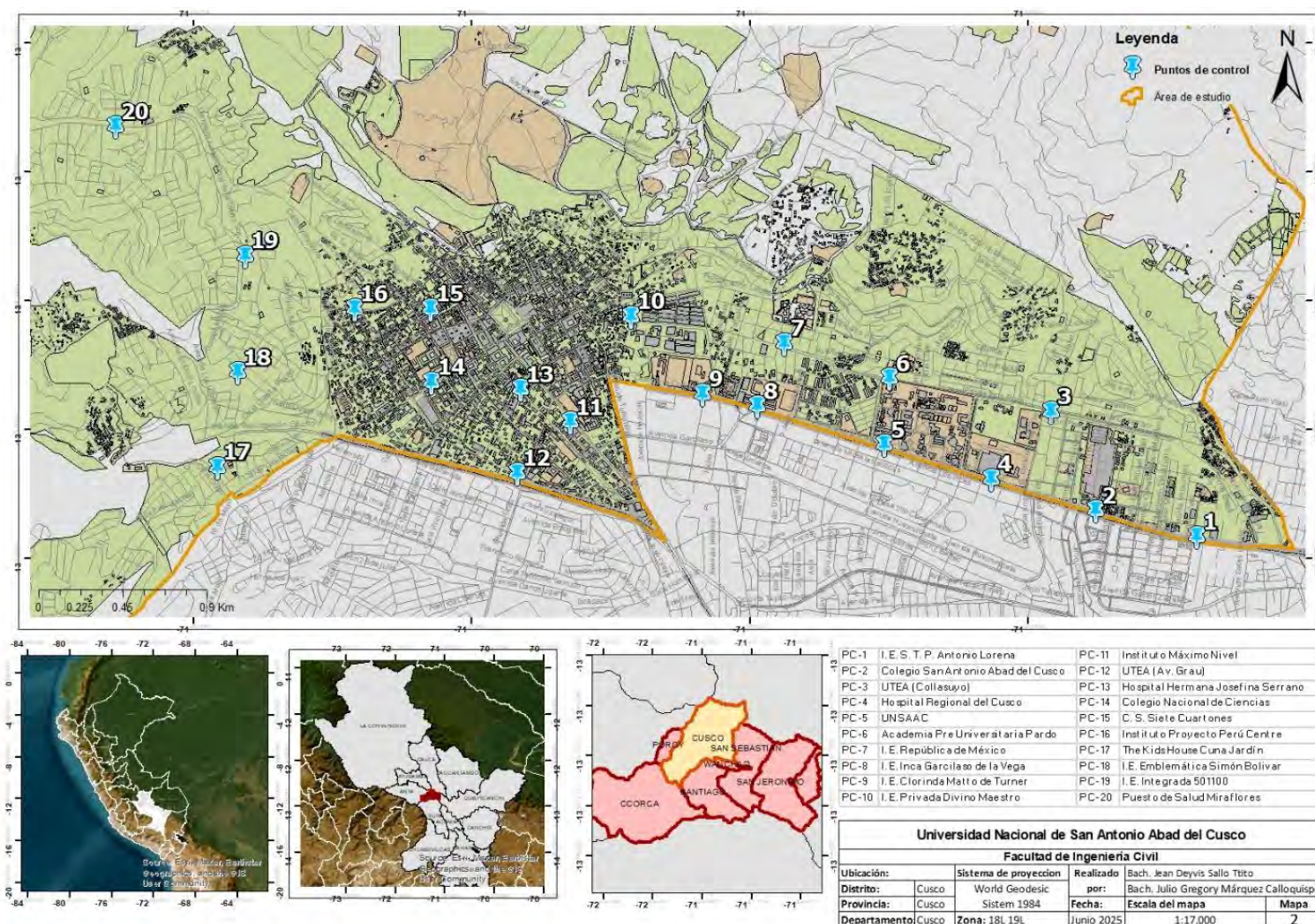
CÓDIGO	PUNTO DE CONTROL	COORDENADAS	
		E	N
PC-1	Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Antonio Lorena	181145.02	8502638
PC-2	Colegio Arquidiocesano San Antonio Abad del Cusco	180617.87	8502771.5
PC-3	Universidad Tecnológica de los Andes (Collasuyo)	180377.91	8503296.6
PC-4	Hospital Regional del Cusco	180070.44	8502932.7
PC-5	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	179511.16	8503107.8
PC-6	Academia Pre Universitaria Pardo	179533.78	8503461.8
PC-7	Institución Educativa República de México	178983.2	8503641
PC-8	Institución Educativa Emblemática Inca Garcilaso de la Vega	178848.6	8503306.4
PC-9	Institución Educativa Emblemática Clorinda Matto de Turner	178563.18	8503367
PC-10	Institución Educativa Privada Divino Maestro	178185.85	8503774.4
PC-11	Instituto Máximo Nivel	177873.23	8503209.5
PC-12	Universidad Tecnológica de los Andes (Av. Grau)	177600.07	8502933.3
PC-13	Hospital Hermana Josefina Serrano	177612.86	8503380.9
PC-14	Colegio Nacional de Ciencias y Artes del Cusco	177150.53	8503413.7
PC-15	Centro de Salud Siete Cuartones	177140.93	8503801.7
PC-16	Instituto Proyecto Perú Centre	176743.32	8503797.2
PC-17	The Kids House Cuna Jardín	176039.84	8502946.4
PC-18	Institución Educativa Emblemática Simón Bolívar	176140.23	8503451.9
PC-19	Institución Educativa Integrada 501100	176169.59	8504072.6
PC-20	Puesto de Salud Miraflores	175487.61	8504753.3

Nota. Fuente Elaboración propia.

A continuación, se presenta el mapa elaborado por los tesisistas con los softwares Google Earth y ArcGIS, el cual expone de manera gráfica la ubicación de los 20 puntos de control en los que se realizará el monitoreo del nivel de presión sonora y conteo de flujo vehicular. Cada punto está representado por un marcador de color celeste, estos se encuentran dentro del distrito de Cusco, cuya área se encuentra delimitada por una línea anaranjada como se indica en la leyenda.

Mapa 4

Mapa de ubicación de los 20 puntos de control seleccionados



Nota. Fuente elaboración propia

➤ Selección del periodo de medición

La selección del periodo de medición se fundamenta en lo establecido en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental, el cual señala que el monitoreo del ruido emitido por fuentes vehiculares se debe realizar en los días y horarios en los que se presenta el mayor tráfico vehicular. Asimismo, dicho protocolo recomienda que las mediciones tengan una duración mínima de 5 a 15 minutos, pudiendo ampliarse cuando se requiera obtener una representación más adecuada del comportamiento sonoro (Ministerio del Ambiente, 2014).

En concordancia con lo anterior, la medición de los niveles de presión acústica y conteo de flujo vehicular en cada punto de control se realizó durante cinco días, de lunes a viernes, registrando los valores en tres franjas horarias correspondientes a las horas punta (mañana, tarde y noche), con una duración de una hora por cada franja. Esta metodología permitió captar la variabilidad temporal del ruido ambiental asociada a los periodos de mayor actividad vehicular.

La elección de un tiempo de medición de una hora por franja horaria responde a la necesidad de obtener registros más representativos y estables, criterio que además ha sido utilizado en diversos estudios de investigación sobre ruido ambiental urbano, donde se emplean periodos de medición prolongados con el fin de reducir la variabilidad del ruido y mejorar la confiabilidad de los resultados.

Cabe precisar que las franjas horarias consideradas como horas punta corresponden a intervalos de dos horas (07:00-09:00 h, 12:00-14:00 h y 17:00-19:00 h), dentro de los cuales se realizó un monitoreo continuo de una hora por franja horaria en cada punto de control. Esta organización permitió una adecuada programación del trabajo de campo, haciendo posible la evaluación de dos puntos de monitoreo por semana, sin superposición de horarios y garantizando

que cada punto contara con mediciones completas en las tres franjas horarias durante los cinco días establecidos.

En la siguiente tabla se presenta el cronograma de medición que se asignó a cada punto de control, en el cual se detalla el orden y el periodo en el que estos fueron monitoreados:

Tabla 9*Cronograma de medición de cada punto de control*

SEMANA	CÓDIGO	PUNTOS DE CONTROL	DÍAS DE MEDICIÓN	FRANJAS HORARIAS (HORAS PUNTA)	TIEMPO DE MEDICIÓN POR PUNTO
1	PC-1	Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Antonio Lorena	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-2	Colegio Arquidiocesano San Antonio Abad del Cusco			
2	PC-3	Universidad Tecnológica de los Andes (Collasuyo)	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-4	Hospital Regional del Cusco			
3	PC-5	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-6	Academia Pre Universitaria Pardo			
4	PC-7	Institución Educativa República de México	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-8	Institución Educativa Emblemática Inca Garcilaso de la Vega			
5	PC-9	Institución Educativa Emblemática Clorinda Matto de Turner	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-10	Institución Educativa Privada Divino Maestro			
6	PC-11	Instituto Máximo Nivel	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-12	Universidad Tecnológica de los Andes (Av. Grau)			
7	PC-13	Hospital Hermana Josefina Serrano	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-14	Colegio Nacional de Ciencias y Artes del Cusco			
8	PC-15	Centro de Salud Siete Cuartones	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-16	Instituto Proyecto Perú Centre			
9	PC-17	The Kids House Cuna Jardín	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-18	Institución Educativa Emblemática Simón Bolívar			
10	PC-19	Institución Educativa Integrada 501100	Lunes a viernes	07:00-09:00 h 12:00-14:00 h 17:00-19:00 h	1 hora por punto en cada franja horaria
	PC-20	Puesto de Salud Miraflores			

Nota. El presente cronograma fue hecho por los tesisistas.

➤ Verificación y Calibración de equipos de medición

Los equipos que se usarán para medir el nivel de presión sonora fueron debidamente verificados y calibrados para asegurar que estos cumplan con las especificaciones requeridas en la norma “NTP-ISO 1996-2:2008 ACÚSTICA. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental”, y así tener la certeza de que las mediciones que se harán serán confiables. Para este fin, los equipos fueron certificados por el laboratorio “SG NORTEC”, el cual está acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). La certificación se encuentra adjunta en los Anexos.

➤ Procedimiento para medición de ruido

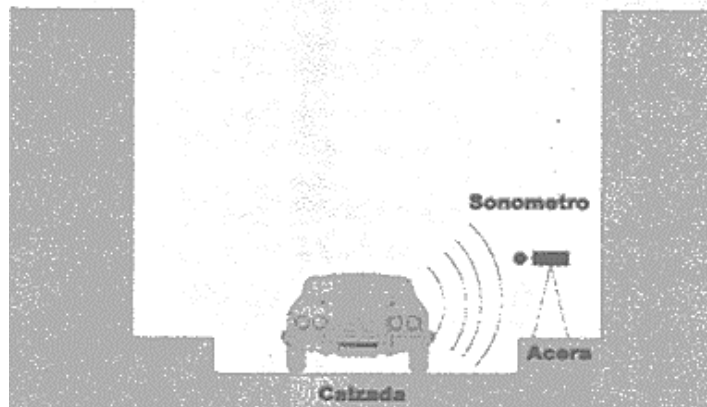
Las mediciones de los niveles de presión acústica se realizaron según lo estipulado en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental, (2013), el cual indica lo siguiente:

- El punto de monitoreo, al tratarse de una fuente de ruido a casusa del flujo vehicular, se ubicará al límite de la calzada y como máximo a tres metros del receptor (zona de uso especial). Además, se deberá evitar colocar los equipos en espacios que dificulten el normal tránsito vehicular y peatonal. Finalmente, una vez elegida la ubicación exacta del punto de medición, se registrarán sus coordenadas utilizando el GPS portátil.

La siguiente figura muestra un bosquejo en el cual se observa la ubicación correcta del punto de monitoreo, así como la posición en la cual se debe colocar el equipo de medición

Figura 28

Medición para fuentes vehiculares



Nota. Información extraída de (MINAN, 2013)

- Seguidamente, se colocará el trípode en la ubicación elegida y el sonómetro será elevado, hasta una altura de 1.5 m sobre el piso, el cual representa la altura del oído humano. Además, se calibrará el sonómetro in situ con el calibrador acústico.
- Luego, se debe dirigir el micrófono del sonómetro hacia la fuente emisora (la vía vehicular) y colocar su protector de viento. Se debe programar el sonómetro de manera que esté en ponderación A y en modo Fast. Además, se debe verificar que la opción “Grabar” esté encendida.
- Previo al inicio de la medición se debe verificar que no existan condiciones meteorológicas adversas (lluvia, granizo, tormentas, etc.). En caso se presenten estas situaciones, la medición se deberá suspender, ya que estas condiciones podrían afectar los resultados obtenidos.
- A continuación, se dará inicio a la medición y los datos se registrarán durante el tiempo previamente establecido. Durante la duración del monitoreo, se utilizará una libreta de campo para anotar los eventos ruidosos que pudiera ocurrir. Al terminar el periodo de

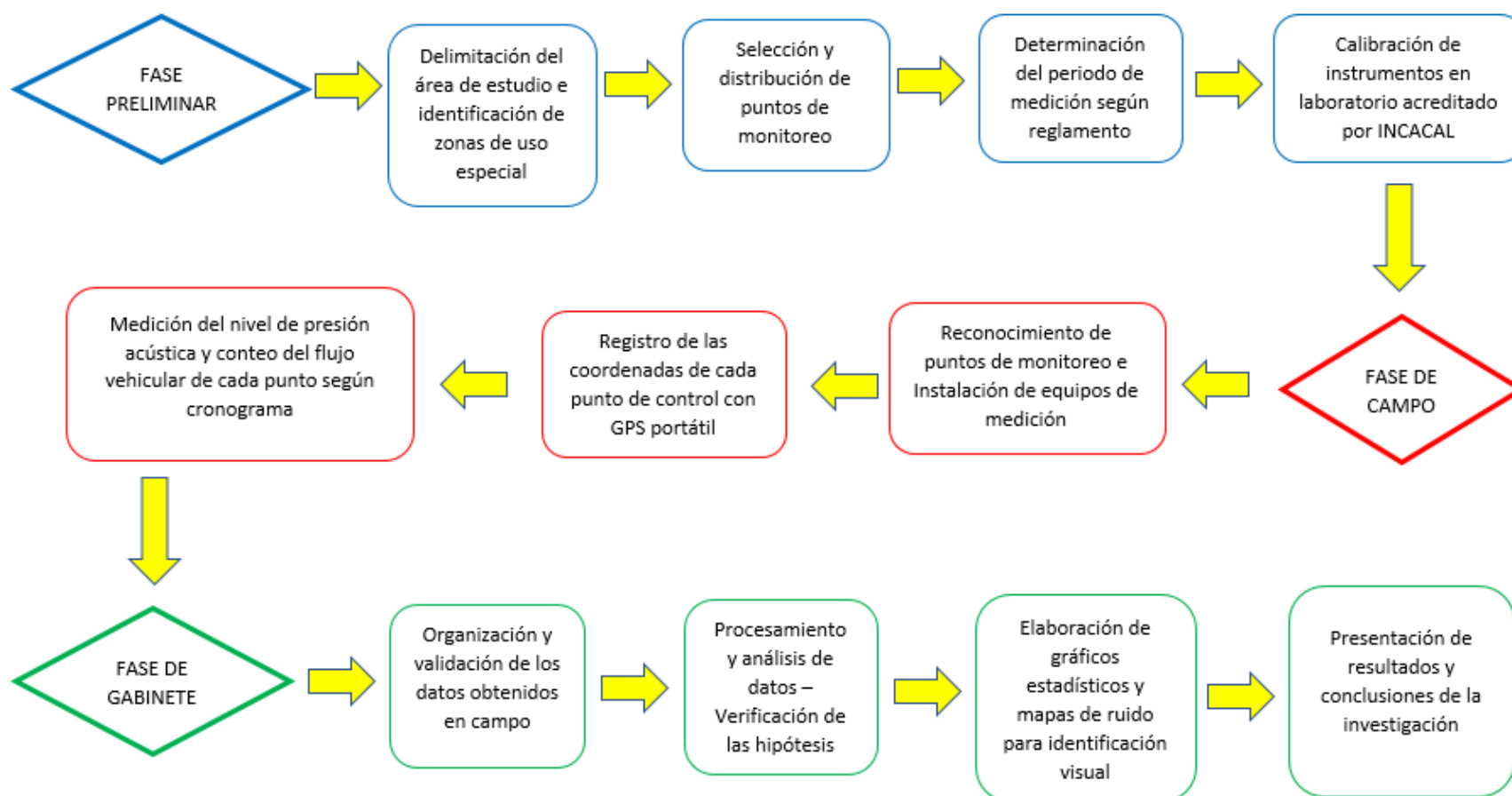
monitoreo, se debe volver a calibrar el sonómetro con el calibrador acústico, para luego desplazarse al siguiente punto de control.

- Al culminar la jornada de medición diaria, la información registrada en la memoria del sonómetro de los datos obtenidos de la medición de los niveles de presión acústica será descargada a una computadora y se exportará a Excel para su posterior análisis.

➤ Procedimiento para conteo de flujo vehicular

El flujo vehicular se contará durante el periodo de medición del nivel de presión acústica (una hora). Este proceso se realizará mediante la observación directa y el conteo manual, anotando la cantidad y el tipo de vehículos que circulen por la vía vehicular durante ese tiempo. Además, se anotarán las características que tenga de la autopista (presencia de semáforos, pendiente, ancho de vía, tipo de pavimento, etc.) entre otras observaciones que se puedan presentar durante el conteo (MINAN, 2013). La data se registrará en una libreta de campo, cuyo formato se encuentra en los Anexos en el apartado de “Instrumentos de Recolección de Datos”.

4.5. Flujograma de Investigación



CAPÍTULO V: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados se obtuvieron de las mediciones hechas en campo, cuyos datos fueron registrados siguiendo los protocolos establecidos en la metodología. Se muestran valores de los niveles de presión acústica obtenidos en los 3 horarios de medición para cada punto de control. También se muestra el número de vehículos que circulaban durante ese periodo de tiempo, los cuales fueron clasificados según su tipo. Asimismo, se incluyeron los registros complementarios que fueron anotados en campo, tales como características de las vías, condiciones climáticas desfavorables y observaciones relevantes que pudieron haber influido en la lectura de los datos.

Una vez obtenidos los resultados, se hizo un procesamiento de estos, para lo cual se organizó la información en el software Excel, y posteriormente se realizó un análisis estadístico en el software R. También, se generaron mapas de ruido en el software ArcGIS para poder visualizar los resultados del monitoreo del nivel de ruido ambiental. Con esta información se comprobarán las hipótesis planteadas, para finalmente llegar a una conclusión.

El análisis estadístico se hizo siguiendo la metodología propuesta por Illowsky & Dean, (2018), descrita en su libro “Introductory Statistics”, el cual establece los procedimientos para la interpretación y validación de los datos obtenidos.

Para el desarrollo del análisis se utilizará el software estadístico R, en el cual se aplicarán pruebas de normalidad, correlación y análisis de diferencias significativas.

Primeramente, se aplicará la prueba de “Shapiro–Wilk” para verificar la normalidad de los datos de las variables de estudio. Al confirmarse que los datos seguían una distribución normal, se procedió con el análisis de correlación de “Pearson”, la cual permitirá determinar el grado y la dirección de la relación lineal entre el flujo vehicular y el nivel de presión acústica. El

coeficiente de correlación (r) fue interpretado según los criterios convencionales: valores cercanos a 1 indican una correlación positiva fuerte, mientras que valores cercanos a 0 reflejan una correlación débil o inexistente.

Estadístico de Shapiro – wilk (w)

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde:

n: numero de observaciones de la muestra

x_i : el i – esimo valor ordenado de menor a mayor (orden estadístico)

$\bar{x}$: la media aritmetica de la muestra

a_i : coeficientes que dependen de los valores esperados de una distribución normal

$$Z = \frac{\ln(1 - W)}{\sigma_w}$$

$$p = P(z_{calc} \geq z_{obs})$$

Correlación de Pearson

$$x_i = TotalVeh, y_i = LAeqT, i = 1, \dots, n$$

Coeficiente de Pearson

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

x_i = valores de flujo vehicular (TotalVeh)

y_i = valores de nivel de ruido (LAeqT)

$\bar{x}$ = media de los vehículos

$\bar{y}$ = media de los vehículos

Para el valor p:

$$p = 2P(T > |t|), T \sim t_{28}$$

Además, se desarrolló un modelo de “regresión lineal simple” para analizar el comportamiento de la variable dependiente (nivel de presión acústica) en función de la variable independiente (flujo vehicular total), con el fin de estimar cómo los cambios en el tránsito influyen en el incremento del ruido ambiental.

Regresión Lineal

Modelo de regresión lineal simple

$$y = a + bx$$

Donde:

y = variable dependiente (nivel de ruido en dB)

x = variable independiente (flujo vehicular)

a = intercepto

b = pendiente (cambio en y por cada unidad de x)

Fórmulas para calcular los coeficientes

Pendiente:

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

Intercepto:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$\bar{y} = a + b\bar{x}$$

Asimismo, se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis para comparar los valores de flujo vehicular entre los distintos puntos de observación y entre los tres turnos (mañana, tarde y noche), determinando si existían diferencias significativas según la ubicación o el horario.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Donde:

N = número total de observaciones

k = número de grupos (puntos)

n_i = número de observaciones en el grupo i

R_i = Suma de rangos del grupo i

Grados de libertad:

$$gl = k - 1$$

Valor de p:

$$p = 1 - P(x_{gl}^2 \leq H)$$

Finalmente, todos los resultados fueron contrastados con el nivel de significancia de 0.05, considerándose estadísticamente significativos aquellos valores de p menores a dicho umbral ($p < 0.05$).

5.1.Resultados de la medición del nivel de presión acústica

Punto de control PC-1

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos.

Tabla 10

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-1

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Antonio Lorena								COORDENADAS: 181145.021 - 8502638.01				
CÓDIGO: PC-1												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
14/07/2025	7:00 - 800 am.	61.9	94.2	78.85	12:00 - 13:00 pm.	64.8	93.9	76.51915	17:00 - 18:00 pm.	62.18	89.58	76.73
15/07/2025	8:00 - 9:00 am.	63.5	95.2	78.51632	13:00 - 14:00 pm.	64.6	95.8	77.18235	18:00 - 19:00 pm.	64.53	91.51	77.61
16/07/2025	7:00 - 800 am.	63.3	92.1	75.94	12:00 - 13:00 pm.	63.48	91.84	74.89	17:00 - 18:00 pm.	64.52	90.08	77.38
17/07/2025	8:00 - 9:00 am.	62.7	94.6	79.96	13:00 - 14:00 pm.	65.12	94.58	79.12	18:00 - 19:00 pm.	64.84	92.13	78.86
18/07/2025	7:00 - 800 am.	64.08	93.84	78.82	12:00 - 13:00 pm.	62.39	93.16	75.91	17:00 - 18:00 pm.	63.49	91.22	78.54
	PROMEDIO			78.41726	PROMEDIO			76.7243	PROMEDIO			77.824
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-2

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 11

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-2

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA		
UBICACIÓN: Colegio Arquidiocesano San Antonio Abad del Cusco		COORDENADAS: 180617.87 - 8502771.47
CÓDIGO: PC-2		

FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
14/07/2025	8:00 - 9:00 am.	64.12	94.35	75.837	13:00 - 14:00 pm.	57	95.3	72.82782	18:00 - 19:00 pm.	63.18	90.62	75.485
15/07/2025	7:00 - 8:00 am.	65.08	92.21	76.318	12:00 - 13:00 pm.	61.31	92.47	73.743	17:00 - 18:00 pm.	64.21	89.31	76.35
16/07/2025	8:00 - 9:00 am.	62.19	92.57	75.621	13:00 - 14:00 pm.	60.54	93.07	74.45	18:00 - 19:00 pm.	65.31	92.14	75.368
17/07/2025	7:00 - 8:00 am.	64.38	91.2	76.314	12:00 - 13:00 pm.	61.28	92.68	74.684	17:00 - 18:00 pm.	62.85	91.56	75.595
18/07/2025	8:00 - 9:00 am.	64.78	92.68	75.686	13:00 - 14:00 pm.	59.23	92.81	74.47	18:00 - 19:00 pm.	63.14	92.8	77.068
	PROMEDIO			75.9552	PROMEDIO			74.03496	PROMEDIO			75.9732

Observaciones:

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-3

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 12

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-3

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Universidad Tecnológica de los Andes (Collasuyo)								COORDENADAS: 180377.91 - 8503296.65				
CÓDIGO: PC-3												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
21/07/2025	7:00 - 800 am.	51.26	84.19	69.78	12:00 - 13:00 pm.	47	84.3	68.92148	17:00 - 18:00 pm.	48.92	82.61	69.21
22/07/2025	8:00 - 9:00 am.	53.61	80.49	70.23	13:00 - 14:00 pm.	50.18	85.92	66.84	18:00 - 19:00 pm.	50.61	80.49	68.992
23/07/2025	7:00 - 800 am.	49.18	82.31	70.15	12:00 - 13:00 pm.	51.46	85.32	72.96	17:00 - 18:00 pm.	49.32	81.23	69.824
24/07/2025	8:00 - 9:00 am.	51.27	83.74	69.91	13:00 - 14:00 pm.	49.28	83.12	69.832	18:00 - 19:00 pm.	50.67	81.05	69.15
25/07/2025	7:00 - 800 am.	52.06	83.41	70.29	12:00 - 13:00 pm.	50.19	82.46	70.91	17:00 - 18:00 pm.	51.12	79.66	68.82
	PROMEDIO			70.072	PROMEDIO			69.8927	PROMEDIO			69.1992
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-4

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 13

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-4

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Hospital Regional del Cusco								COORDENADAS: 180070.435 - 8502932.67				
CÓDIGO: PC-4												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
21/07/2025	8:00 - 9:00 am.	56.4	100.5	77.94788	13:00 - 14:00 pm.	55.24	98.62	79.51	18:00 - 19:00 pm.	57.62	95.21	76.842
22/07/2025	7:00 - 800 am.	58.92	97.41	78.286	12:00 - 13:00 pm.	58.94	96.48	78.956	17:00 - 18:00 pm.	55.31	96.41	77.561
23/07/2025	8:00 - 9:00 am.	60.38	99.36	77.433	13:00 - 14:00 pm.	56.28	99.84	80.126	18:00 - 19:00 pm.	55.94	95.08	77.223
24/07/2025	7:00 - 800 am.	58.49	100.81	79.064	12:00 - 13:00 pm.	56.49	100.35	79.684	17:00 - 18:00 pm.	56.18	95.84	76.705
25/07/2025	8:00 - 9:00 am.	59.12	98.63	78.689	13:00 - 14:00 pm.	57.68	97.48	79.704	18:00 - 19:00 pm.	58.64	96.74	77.356
	PROMEDIO			78.28398	PROMEDIO			79.596	PROMEDIO			77.1374
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-5

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 14

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-5

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco								COORDENADAS: 179511.159 - 8503107.81				
CÓDIGO: PC-5												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
28/07/2025	7:00 - 800 am.	63.1	96	76.90068	12:00 - 13:00 pm.	59.2	95.7	79.19539	17:00 - 18:00 pm.	57.5	89	72.94082
29/07/2025	8:00 - 9:00 am.	65.84	94.56	77.265	13:00 - 14:00 pm.	61.23	93.65	79.846	18:00 - 19:00 pm.	55.1	92.31	73.582
30/07/2025	7:00 - 800 am.	60.31	95.68	76.763	12:00 - 13:00 pm.	60.94	95.32	78.795	17:00 - 18:00 pm.	55.68	91.42	72.628
31/07/2025	8:00 - 9:00 am.	65.21	95.07	77.342	13:00 - 14:00 pm.	58	96.74	79.905	18:00 - 19:00 pm.	56.41	91.68	73.186
01/08/2025	7:00 - 800 am.	64.32	94.56	77.106	12:00 - 13:00 pm.	62.54	92.54	78.789	17:00 - 18:00 pm.	57.84	90.14	73.434
	PROMEDIO			77.07534	PROMEDIO			79.30608	PROMEDIO			73.15416
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-6

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 15

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-6

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Academia Pre Universitaria Pardo								COORDENADAS: 179533.784 - 8503461.79				
CÓDIGO: PC-6												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
28/07/2025	8:00 - 9:00 am.	55.2	99.7	75.31404	13:00 - 14:00 pm.	57.3	108.2	78.62969	18:00 - 19:00 pm.	50.7	96.3	71.7147
29/07/2025	7:00 - 800 am.	52.61	94.32	74.931	12:00 - 13:00 pm.	60.2	102.64	78.02	17:00 - 18:00 pm.	54.31	95.51	73.156
30/07/2025	8:00 - 9:00 am.	57.64	96.81	75.242	13:00 - 14:00 pm.	59.84	95.31	79.284	18:00 - 19:00 pm.	52.18	94.6	71.124
31/07/2025	7:00 - 800 am.	55.2	96.34	74.956	12:00 - 13:00 pm.	58.61	96.51	80.134	17:00 - 18:00 pm.	52	95.11	71.685
01/08/2025	8:00 - 9:00 am.	54.54	95.7	75.102	13:00 - 14:00 pm.	58.74	100.6	78.112	18:00 - 19:00 pm.	55.4	96.82	72.128
	PROMEDIO			75.10901	PROMEDIO			78.83594	PROMEDIO			71.96154
Observaciones: Mayor ruido generado por el motor de vehículos pesados y sonido de claxon por congestión vehicular												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-7

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 16

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-7

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: I.E. República de México								COORDENADAS: 178983.197 - 8503640.97				
CÓDIGO: PC-7												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
04/08/2025	7:00 - 800 am.	52.3	89	70.28	12:00 - 13:00 pm.	57.3	81.3	69.41431	17:00 - 18:00 pm.	55.62	92.1	71.756
05/08/2025	8:00 - 9:00 am.	54.62	92.14	71.44	13:00 - 14:00 pm.	60.18	78.24	70.258	18:00 - 19:00 pm.	52.16	90.65	72.01
06/08/2025	7:00 - 800 am.	55	87.18	71.314	12:00 - 13:00 pm.	59.84	84.51	69.946	17:00 - 18:00 pm.	52.74	90.37	72.16
07/08/2025	8:00 - 9:00 am.	53.1	89.36	70.956	13:00 - 14:00 pm.	59.06	81.34	70.463	18:00 - 19:00 pm.	55.84	88.8	71.454
08/08/2025	7:00 - 800 am.	52.68	88.47	71.54	12:00 - 13:00 pm.	61.3	82.07	70.531	17:00 - 18:00 pm.	53.2	90.74	71.64
	PROMEDIO			71.106	PROMEDIO			70.12246	PROMEDIO			71.804
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-8

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 17

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-8

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: I.E. Emblemática Inca Garcilaso de la Vega								COORDENADAS: 178848.595 - 8503306.42				
CÓDIGO: PC-8												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
04/08/2025	8:00 - 9:00 am.	58.8	95.5	75.5633	13:00 - 14:00 pm.	58.5	94.6	76.63475	18:00 - 19:00 pm.	63.9	92.6	76.34105
05/08/2025	7:00 - 800 am.	55.34	91.67	75.835	12:00 - 13:00 pm.	61.21	92.68	77.454	17:00 - 18:00 pm.	61.24	94.51	76.96
06/08/2025	8:00 - 9:00 am.	61.21	92.38	76.18	13:00 - 14:00 pm.	59.47	91.58	76.25	18:00 - 19:00 pm.	59.84	95.64	77.15
07/08/2025	7:00 - 800 am.	57.43	96.03	75.648	12:00 - 13:00 pm.	58.02	94.84	77.08	17:00 - 18:00 pm.	58.14	93.45	76.42
08/08/2025	8:00 - 9:00 am.	56.9	91.57	76.108	13:00 - 14:00 pm.	60.4	95.36	76.28	18:00 - 19:00 pm.	61.29	96.58	77.52
	PROMEDIO			75.86686	PROMEDIO			76.73975	PROMEDIO			76.87821
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-9

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 18

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-9

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: I.E. Emblemática Clorinda Matto de Turner								COORDENADAS: 178563.175 - 8503366.98				
CÓDIGO: PC-9												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
11/08/2025	7:00 - 800 am.	57.4	100.2	77.07684	12:00 - 13:00 pm.	58.1	96.1	74.3584	17:00 - 18:00 pm.	59.4	94.8	74.37713
12/08/2025	8:00 - 9:00 am.	54.28	94.78	79.05	13:00 - 14:00 pm.	55.47	92.87	73.26	18:00 - 19:00 pm.	55.19	99.8	74.56
13/08/2025	7:00 - 800 am.	62.47	95.68	78.25	12:00 - 13:00 pm.	56.38	95.67	74.65	17:00 - 18:00 pm.	59.62	92.58	73.74
14/08/2025	8:00 - 9:00 am.	55.321	101.58	77.12	13:00 - 14:00 pm.	60.78	94.62	74.62	18:00 - 19:00 pm.	58.7	95.22	74.59
15/08/2025	7:00 - 800 am.	55.98	100.64	77.18	12:00 - 13:00 pm.	58.9	94.53	73.05	17:00 - 18:00 pm.	58.91	91.56	74.19
	PROMEDIO			77.73537	PROMEDIO			73.98768	PROMEDIO			74.29143
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-10

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 19

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-10

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: I.E. Privada Divino Maestro								COORDENADAS: 178185.848 - 8503774.36				
CÓDIGO: PC-10												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
11/08/2025	8:00 - 9:00 am.	53.7	93.1	71.22639	13:00 - 14:00 pm.	56.8	85.7	69.06717	18:00 - 19:00 pm.	58.47	91.5	69.72
12/08/2025	7:00 - 800 am.	57.48	90.18	71.66	12:00 - 13:00 pm.	58	90.41	68.96	17:00 - 18:00 pm.	61.24	88.65	70.18
13/08/2025	8:00 - 9:00 am.	50.64	92.65	70.93	13:00 - 14:00 pm.	57.46	83.17	69.18	18:00 - 19:00 pm.	60.95	90.25	69.64
14/08/2025	7:00 - 800 am.	54.12	92.05	71.64	12:00 - 13:00 pm.	55.11	89.67	69.39	17:00 - 18:00 pm.	59.23	91.56	69.98
15/08/2025	8:00 - 9:00 am.	53.24	93.48	71.73	13:00 - 14:00 pm.	57.4	86.49	69.36	18:00 - 19:00 pm.	57.46	93.68	70.09
	PROMEDIO			71.43728	PROMEDIO			69.19143	PROMEDIO			69.922
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-11

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 20

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-11

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 														
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL														
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA														
UBICACIÓN: Instituto Máximo Nivel								COORDENADAS: 177873.225 - 8503209.48						
CÓDIGO: PC-11														
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche					
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT		
18/08/2025	7:00 - 800 am.	54	89	73.22814	12:00 - 13:00 pm.	56.7	115.7	87.46731	17:00 - 18:00 pm.	55.5	97.8	76.43195		
19/08/2025	8:00 - 9:00 am.	56.18	90.21	74.25	13:00 - 14:00 pm.	53.64	100.54	88.19	18:00 - 19:00 pm.	59.64	95.41	74.94		
20/08/2025	7:00 - 800 am.	58.53	86.13	74.31	12:00 - 13:00 pm.	55.14	108.61	86.72	17:00 - 18:00 pm.	54.15	97.15	76.68		
21/08/2025	8:00 - 9:00 am.	56.2	89.5	72.36	13:00 - 14:00 pm.	58.09	111.61	87.34	18:00 - 19:00 pm.	58.63	97.04	75.82		
22/08/2025	7:00 - 800 am.	58.91	91.47	73.12	12:00 - 13:00 pm.	55.4	99.57	88.05	17:00 - 18:00 pm.	60.17	98.05	76.73		
PROMEDIO				73.45363	PROMEDIO				87.55346	PROMEDIO				76.12039
Observaciones:														

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-12

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 21

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-12

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 												
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Universidad Tecnológica de los Andes (Av. Grau)								COORDENADAS: 177600.068 - 8502933.3				
CÓDIGO: PC-12												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
18/08/2025	8:00 - 9:00 am.	61.2	99.8	75.71514	13:00 - 14:00 pm.	59.7	87.9	74.99252	18:00 - 19:00 pm.	52	100.1	72.525
19/08/2025	7:00 - 800 am.	57.49	96.18	76.3	12:00 - 13:00 pm.	61.25	88.81	74.67	17:00 - 18:00 pm.	56.4	97.25	71.93
20/08/2025	8:00 - 9:00 am.	60.12	100.23	75.64	13:00 - 14:00 pm.	57.48	86.48	73.66	18:00 - 19:00 pm.	55.18	96.35	71.61
21/08/2025	7:00 - 800 am.	58.36	97.41	74.82	12:00 - 13:00 pm.	59.36	91.54	75.61	17:00 - 18:00 pm.	52.16	99.48	73.17
22/08/2025	8:00 - 9:00 am.	60.58	96.5	76.29	13:00 - 14:00 pm.	58.19	88.47	75.16	18:00 - 19:00 pm.	55.86	102.35	72.68
	PROMEDIO			75.75303	PROMEDIO			74.8185	PROMEDIO			72.383
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-13

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 22

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-13

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Hospital Hermana Josefina Serrano								COORDENADAS: 177612.86 - 8503380.85				
CÓDIGO: PC-13												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
25/08/2025	7:00 - 800 am.	53.5	101.3	78.18097	12:00 - 13:00 pm.	58.9	94.7	75.20887	17:00 - 18:00 pm.	47.5	86.5	72.44928
26/08/2025	8:00 - 9:00 am.	55.18	97.58	79.18	13:00 - 14:00 pm.	60.23	92.54	73.82	18:00 - 19:00 pm.	51.26	91.24	73.14
27/08/2025	7:00 - 800 am.	52.32	98.63	79.09	12:00 - 13:00 pm.	56.48	95.62	75.06	17:00 - 18:00 pm.	49.58	88.65	72.36
28/08/2025	8:00 - 9:00 am.	51.09	100.14	77.86	13:00 - 14:00 pm.	58.94	94.12	74.83	18:00 - 19:00 pm.	51.64	87.05	71.79
29/08/2025	7:00 - 800 am.	55.48	102.54	78.11	12:00 - 13:00 pm.	60.25	95.68	75.62	17:00 - 18:00 pm.	48.5	89.63	72.53
	PROMEDIO			78.48419	PROMEDIO			74.90777	PROMEDIO			72.45386
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-14

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 23

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-14

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Colegio Nacional de Ciencias y Artes del Cusco								COORDENADAS: 177150.528 - 8503413.68				
CÓDIGO: PC-14												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
25/08/2025	8:00 - 9:00 am.	56.8	91.7	73.02774	13:00 - 14:00 pm.	61.4	92	73.39445	18:00 - 19:00 pm.	59.4	90.3	71.17968
26/08/2025	7:00 - 800 am.	58.41	90	72.48	12:00 - 13:00 pm.	63.45	91.28	73.72	17:00 - 18:00 pm.	61.25	93.65	71.45
27/08/2025	8:00 - 9:00 am.	59.32	91.26	72.86	13:00 - 14:00 pm.	60.58	89.65	72.7	18:00 - 19:00 pm.	58.6	90.25	70.79
28/08/2025	7:00 - 800 am.	55.48	92.47	73.24	12:00 - 13:00 pm.	63.49	90.58	73.64	17:00 - 18:00 pm.	62.59	89.47	70.63
29/08/2025	8:00 - 9:00 am.	57.48	89.67	73.07	13:00 - 14:00 pm.	62.08	91.2	73.41	18:00 - 19:00 pm.	61.27	91.28	71.62
	PROMEDIO			72.93555	PROMEDIO			73.37289	PROMEDIO			71.13394
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-15

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 24

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-15

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Centro de Salud Siete Cuartones								COORDENADAS: 177140.926 - 8503801.71				
CÓDIGO: PC-15												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
01/09/2025	7:00 - 800 am.	53.1	100.4	74.07366	12:00 - 13:00 pm.	54.4	92.7	74.67012	17:00 - 18:00 pm.	51.52	70.25	66.53
02/09/2025	8:00 - 9:00 am.	56.24	87.25	73.18	13:00 - 14:00 pm.	58.25	90.25	73.15	18:00 - 19:00 pm.	53.6	69.26	68.04
03/09/2025	7:00 - 800 am.	55.36	88.69	73.51	12:00 - 13:00 pm.	56.25	93.58	74.14	17:00 - 18:00 pm.	53.84	70.06	69.06
04/09/2025	8:00 - 9:00 am.	53.58	87.33	72.61	13:00 - 14:00 pm.	56.3	89.25	72.49	18:00 - 19:00 pm.	50.26	68.26	70.56
05/09/2025	7:00 - 800 am.	54.28	100.25	73.42	12:00 - 13:00 pm.	57.48	90.59	72.66	17:00 - 18:00 pm.	52.48	70.49	72.89
	PROMEDIO			73.35873	PROMEDIO			73.42202	PROMEDIO			69.416
Observaciones: Mayor ruido generado por le motor de omnibuses de transporte público y el sonido del claxon de los vehículos a causa de la congestión vehicular												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-16

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 25

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-16

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Instituto Proyecto Perú Centre								COORDENADAS: 176743.318 - 8503797.24				
CÓDIGO: PC-16												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
01/09/2025	8:00 - 9:00 am.	52.7	88.8	70.6556	13:00 - 14:00 pm.	57.7	92.4	73.10148	18:00 - 19:00 pm.	50.8	91.1	74.69591
02/09/2025	7:00 - 800 am.	55.36	91.56	72.04	12:00 - 13:00 pm.	60.25	90.25	72.49	17:00 - 18:00 pm.	52.16	89.25	73.81
03/09/2025	8:00 - 9:00 am.	51.25	87.25	71.34	13:00 - 14:00 pm.	57.4	91.26	72.61	18:00 - 19:00 pm.	54.35	90.25	74.18
04/09/2025	7:00 - 800 am.	53.6	90.6	71.5	12:00 - 13:00 pm.	58.05	92.8	73.13	17:00 - 18:00 pm.	50.4	91.68	75.12
05/09/2025	8:00 - 9:00 am.	54.26	88.49	70.69	13:00 - 14:00 pm.	57.86	90.24	72.16	18:00 - 19:00 pm.	51.26	91.3	74.76
	PROMEDIO			71.24512	PROMEDIO			72.6983	PROMEDIO			74.51318
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-17

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 26

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-17

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: The Kids House Cuna Jardín								COORDENADAS: 176039.835 - 8502946.37				
CÓDIGO: PC-17												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
08/09/2025	7:00 - 800 am.	59.7	89.8	73.88138	12:00 - 13:00 pm.	56.48	87.94	72.34	17:00 - 18:00 pm.	52	97.7	74.97964
09/09/2025	8:00 - 9:00 am.	61.25	90.25	74.16	13:00 - 14:00 pm.	59.63	89.6	71.39	18:00 - 19:00 pm.	54.26	95.26	74.61
10/09/2025	7:00 - 800 am.	60.32	92.3	75.06	12:00 - 13:00 pm.	60.03	87.54	72.09	17:00 - 18:00 pm.	51.8	96.04	75.31
11/09/2025	8:00 - 9:00 am.	58.41	90.36	73.28	13:00 - 14:00 pm.	58.49	89.41	72.58	18:00 - 19:00 pm.	55.64	96.8	76.06
12/09/2025	7:00 - 800 am.	59.61	89.74	73.21	12:00 - 13:00 pm.	58.16	90.24	72.83	17:00 - 18:00 pm.	53.3	95.41	74.4
	PROMEDIO			73.91828	PROMEDIO			72.246	PROMEDIO			75.07193
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-18

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 27

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-18

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: I.E. Emblemática Simón Bolívar								COORDENADAS: 176140.227 - 8503451.88				
CÓDIGO: PC-18												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
08/09/2025	8:00 - 9:00 am.	42.4	94.7	71.2714	13:00 - 14:00 pm.	41.3	87.5	70.07293	18:00 - 19:00 pm.	43.1	83.9	71.53883
09/09/2025	7:00 - 8:00 am.	45.26	90.25	70.91	12:00 - 13:00 pm.	43.21	90.35	70.1	17:00 - 18:00 pm.	45.81	86.4	71.74
10/09/2025	8:00 - 9:00 am.	46.25	93.61	71.24	13:00 - 14:00 pm.	41.08	88.14	69.83	18:00 - 19:00 pm.	43.2	82.45	70.16
11/09/2025	7:00 - 8:00 am.	45.8	92.14	70.58	12:00 - 13:00 pm.	42.59	87.9	69.74	17:00 - 18:00 pm.	46.07	83.27	71.68
12/09/2025	8:00 - 9:00 am.	43.67	93.84	71.2	13:00 - 14:00 pm.	42.71	88.43	69.91	18:00 - 19:00 pm.	44.82	84.66	72.08
	PROMEDIO			71.04028	PROMEDIO			69.93059	PROMEDIO			71.43977
Observaciones:												

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-19

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 28

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-19

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 														
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA														
UBICACIÓN: I.E. Integrada 501100								COORDENADAS: 176169.589 - 8504072.63						
CÓDIGO: PC-19														
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche					
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT		
15/09/2025	7:00 - 800 am.	52.3	95.4	78.3148	12:00 - 13:00 pm.	38.7	99.5	75.88802	17:00 - 18:00 pm.	49.8	96	75.39852		
16/09/2025	8:00 - 9:00 am.	55.26	97.25	78.23	13:00 - 14:00 pm.	41.26	98.56	75.74	18:00 - 19:00 pm.	50.16	93.56	74.93		
17/09/2025	7:00 - 800 am.	52.64	99.36	79.08	12:00 - 13:00 pm.	45.62	101.08	76.05	17:00 - 18:00 pm.	47.53	95.85	75.25		
18/09/2025	8:00 - 9:00 am.	54.38	95.71	78.12	13:00 - 14:00 pm.	43.15	100.51	76.1	18:00 - 19:00 pm.	49.65	94.57	75.27		
19/09/2025	7:00 - 800 am.	53.61	96.83	77.74	12:00 - 13:00 pm.	46.81	98.61	75.61	17:00 - 18:00 pm.	48.71	93.76	74.79		
PROMEDIO				78.29696	PROMEDIO				75.8776	PROMEDIO				75.1277
Observaciones: Mayor ruido generado por el motor de vehículos pesados														

Nota. Fuente Elaboración Propia

Punto de control PC-20

La figura muestra los datos registrados de Lmin, Lmax y LAeqT de cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 29

Ficha de registro de la presión acústica en el PC-20

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL 												
FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA												
UBICACIÓN: Puesto de Salud Miraflores								COORDENADAS: 175487.61 - 8504753.3				
CÓDIGO: PC-20												
FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
15/09/2025	8:00 - 9:00 am.	58.9	94	75.45936	13:00 - 14:00 pm.	52.5	100.1	76.11247	18:00 - 19:00 pm.	52.2	97.9	76.47551
16/09/2025	7:00 - 800 am.	57.41	92.58	75.84	12:00 - 13:00 pm.	54.62	97.56	76.35	17:00 - 18:00 pm.	51.48	95.21	76.63
17/09/2025	8:00 - 9:00 am.	58.92	95.27	76.02	13:00 - 14:00 pm.	53.47	97.06	75.24	18:00 - 19:00 pm.	52.63	95.42	75.88
18/09/2025	7:00 - 800 am.	58.41	93.61	75.17	12:00 - 13:00 pm.	53.8	97.57	75.93	17:00 - 18:00 pm.	54.82	97.88	77.12
19/09/2025	8:00 - 9:00 am.	30.84	94.38	76.12	13:00 - 14:00 pm.	54.97	99.84	77.01	18:00 - 19:00 pm.	51.4	94.89	75.9
	PROMEDIO			75.72187	PROMEDIO			76.12849	PROMEDIO			76.4011
Observaciones: Mayor ruido generado por el motor de vehículos pesados												

Nota. Fuente Elaboración Propia

5.2. Análisis estadístico para determinar el nivel de presión acústica

5.2.1. Verificación de normalidad de los datos de la presión acústica

Antes de aplicar los análisis estadísticos, se verifico el supuesto de normalidad de los datos de LAeqT de los 20 puntos de control. Para ello se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, la cual contrasta la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal.

El criterio de decisión se basó en el nivel de significancia $\alpha = 0.05$:

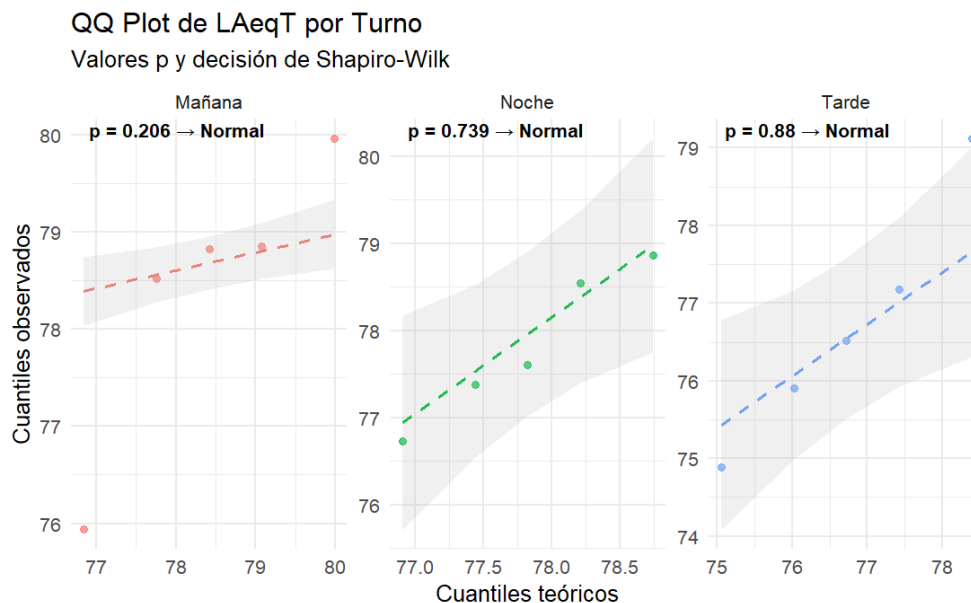
- Si $p \geq 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula y se considera que los datos siguen una distribución normal.
- Si $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis de normalidad.

Punto de control PC-1

La figura muestra una distribución normal.

Figura 29

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-1



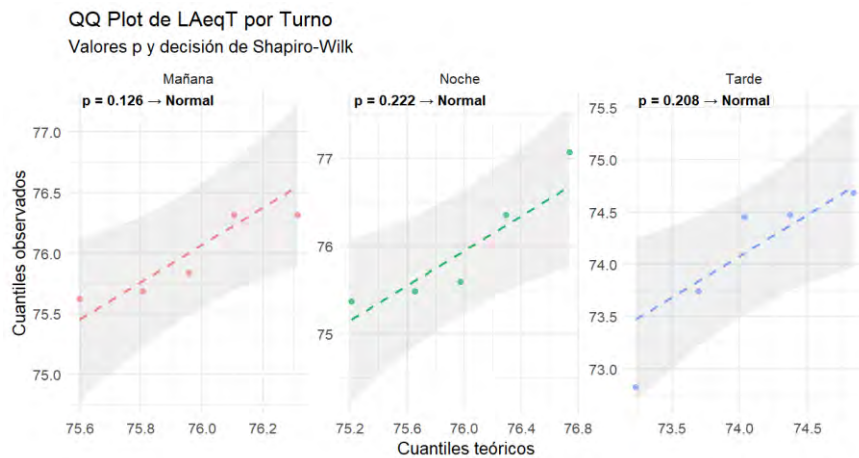
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-2

La figura muestra una distribución normal.

Figura 30

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-2



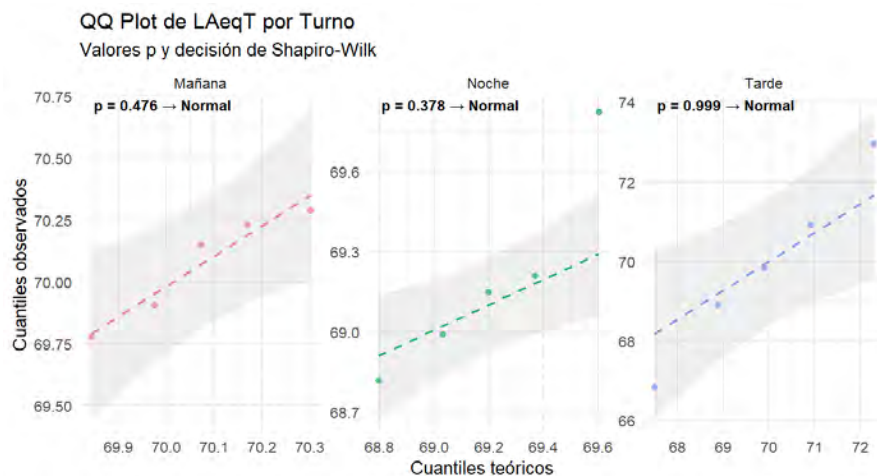
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-3

La figura muestra una distribución normal.

Figura 31

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-3



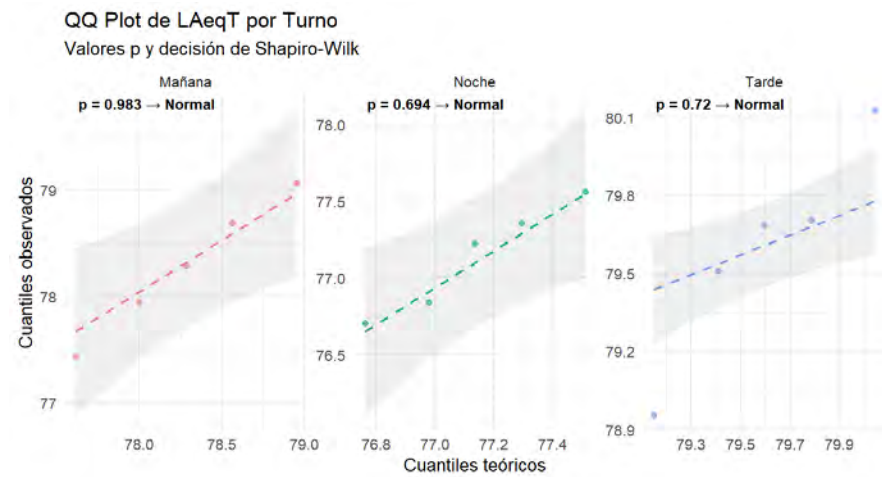
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-4

La figura muestra una distribución normal.

Figura 32

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-4



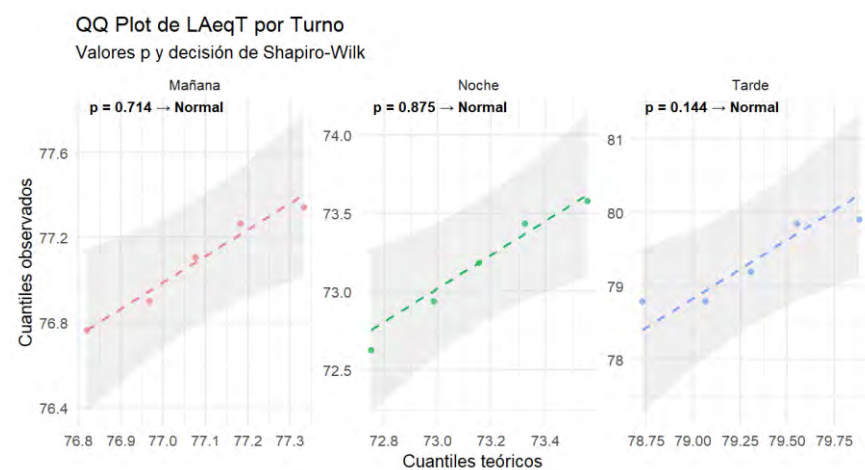
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-5

La figura muestra una distribución normal.

Figura 33

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-5



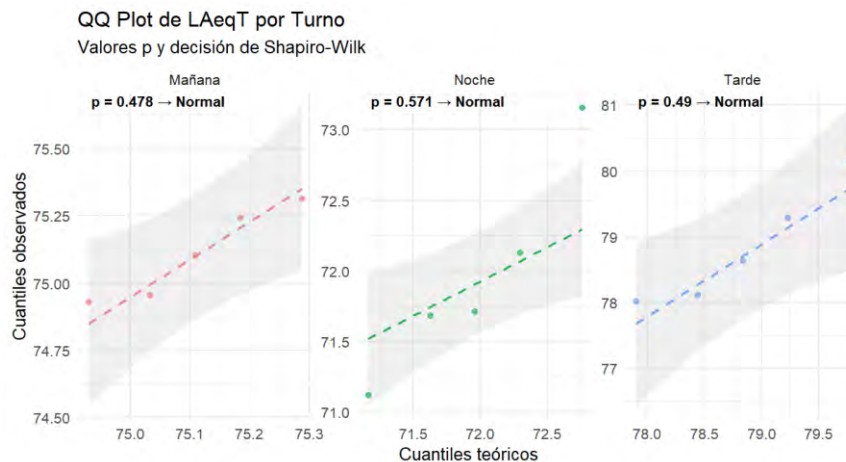
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-6

La figura muestra una distribución normal.

Figura 34

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-6



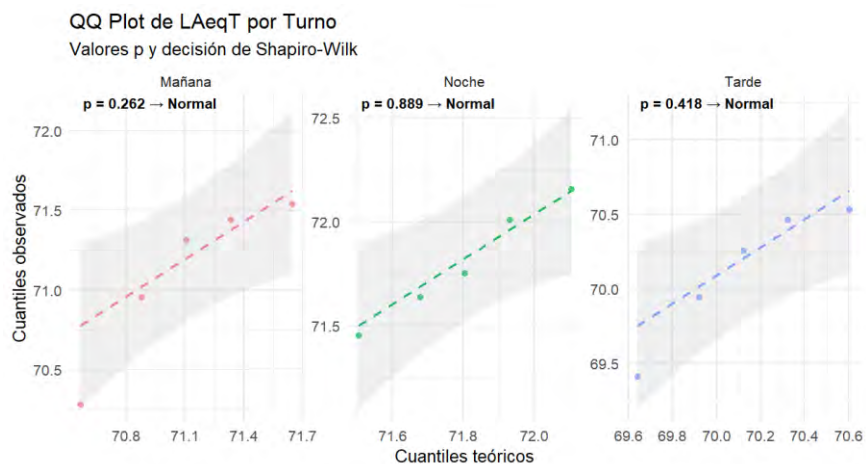
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-7

La figura muestra una distribución normal.

Figura 35

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-7



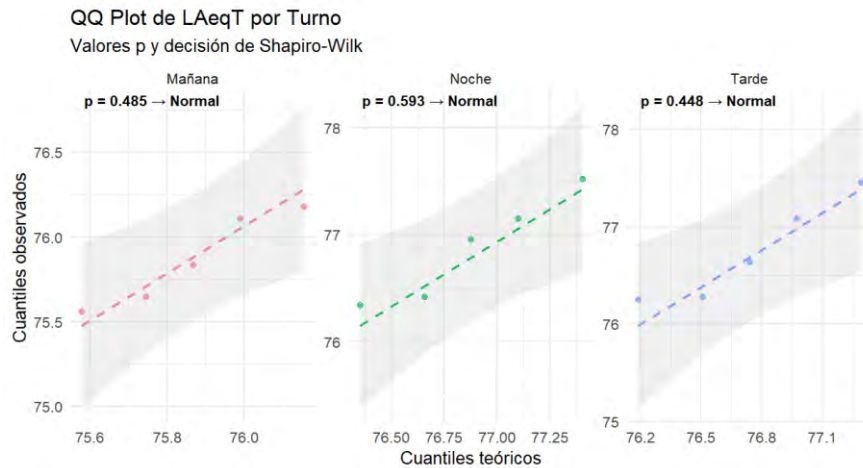
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-8

La figura muestra una distribución normal.

Figura 36

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-8



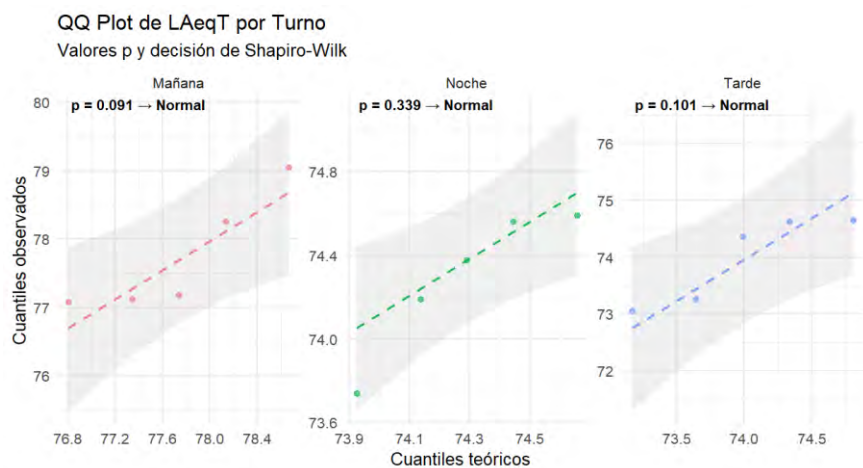
Nota. Fuente: Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-9

La figura muestra una distribución normal.

Figura 37

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-9



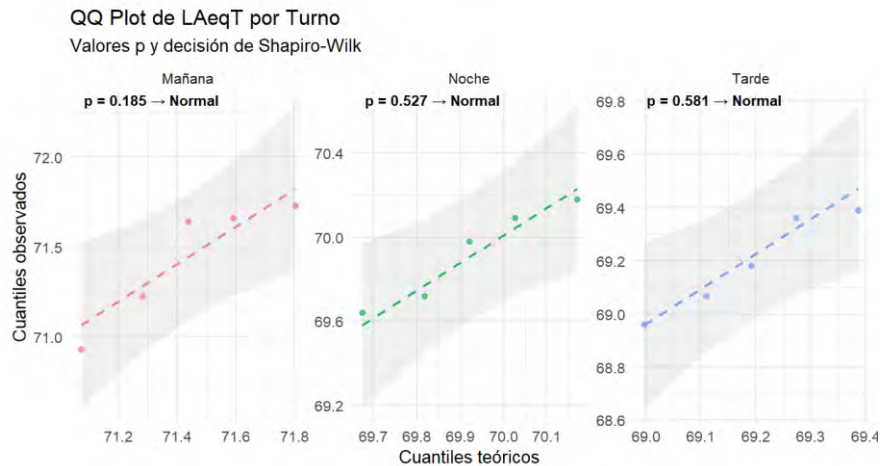
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-10

La figura muestra una distribución normal.

Figura 38

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-10



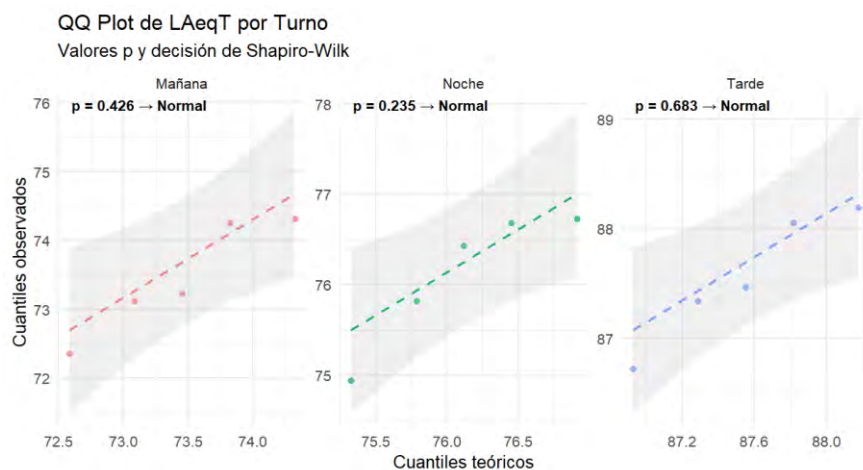
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-11

La figura muestra una distribución normal.

Figura 39

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-11



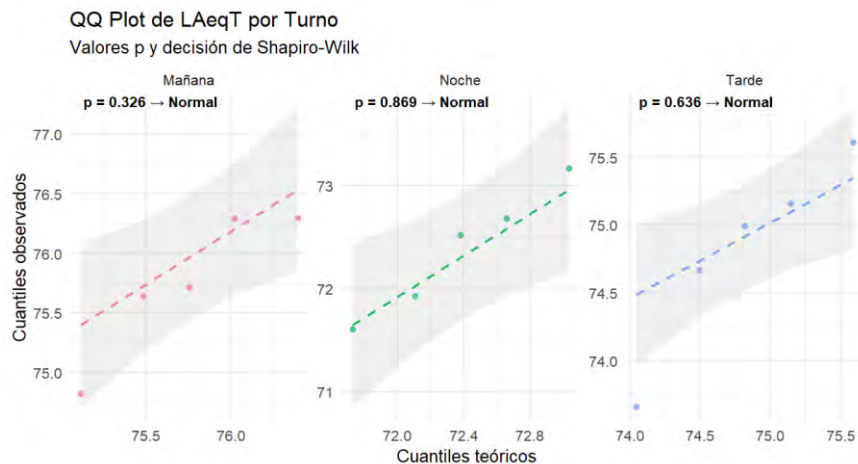
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-12

La figura muestra una distribución normal.

Figura 40

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-12



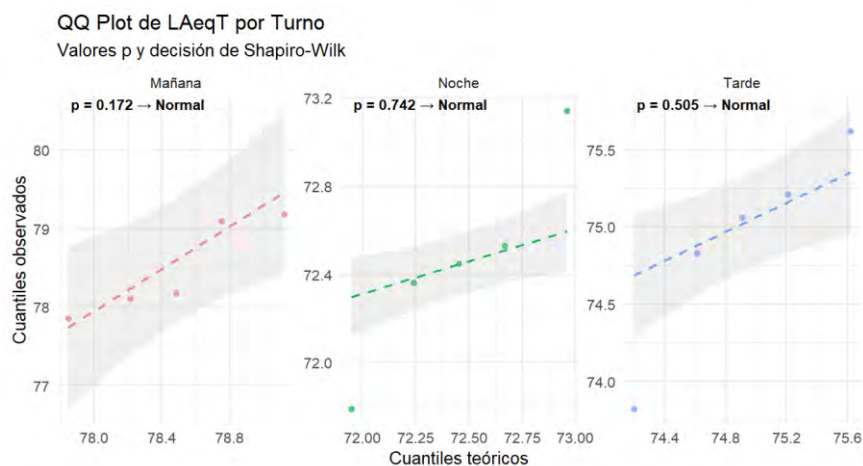
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-13

La figura muestra una distribución normal.

Figura 41

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-13



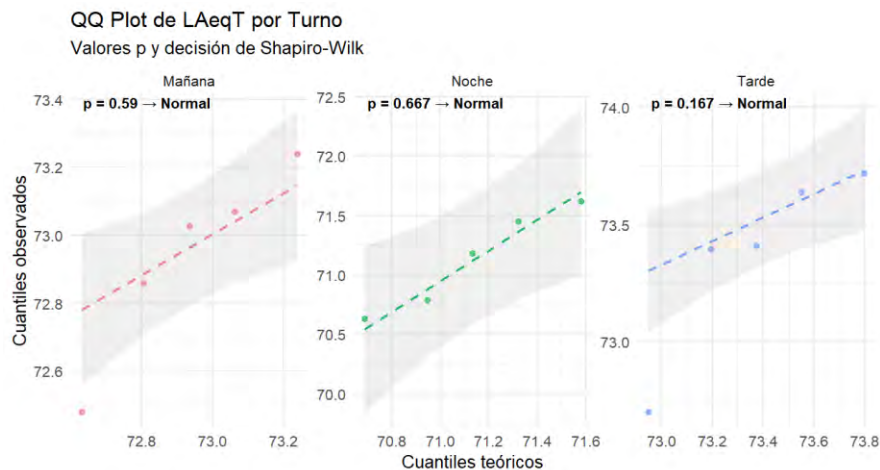
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-14

La figura muestra una distribución normal.

Figura 42

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-14



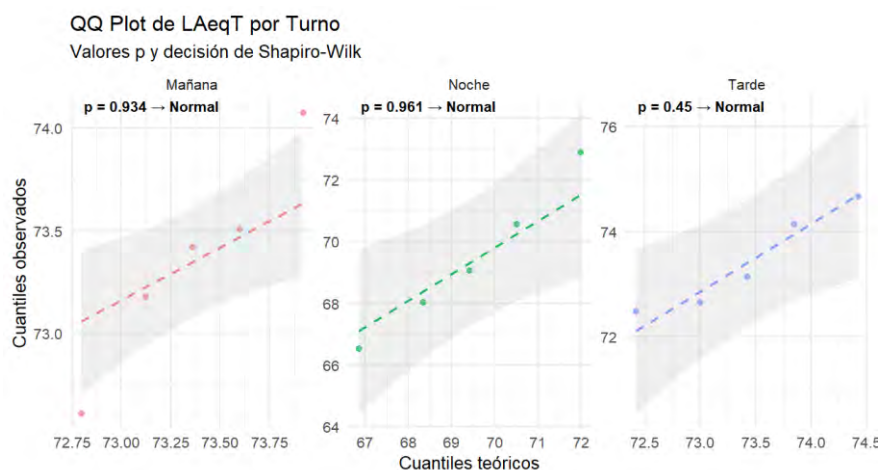
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-15

La figura muestra una distribución normal.

Figura 43

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-15



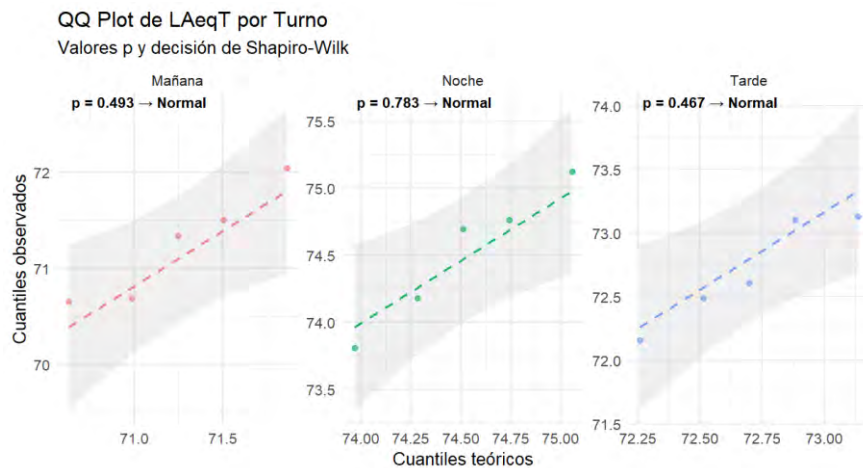
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-16

La figura muestra una distribución normal.

Figura 44

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-16



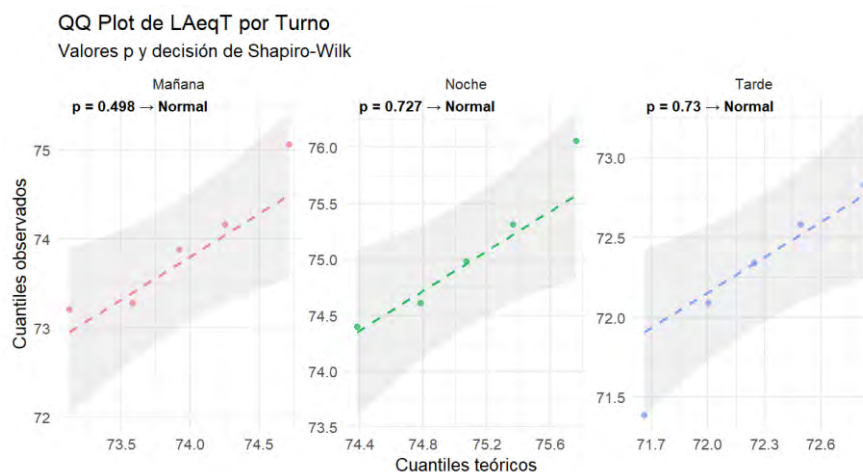
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-17

La figura muestra una distribución normal.

Figura 45

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-17



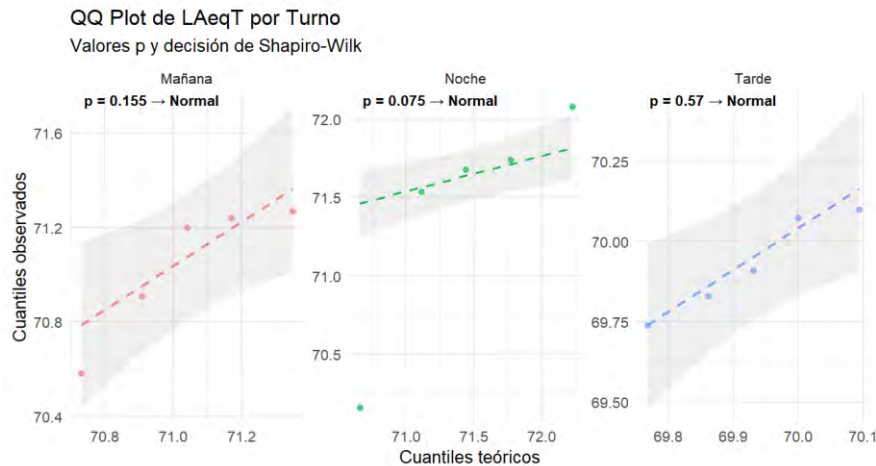
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-18

La figura muestra una distribución normal.

Figura 46

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-18



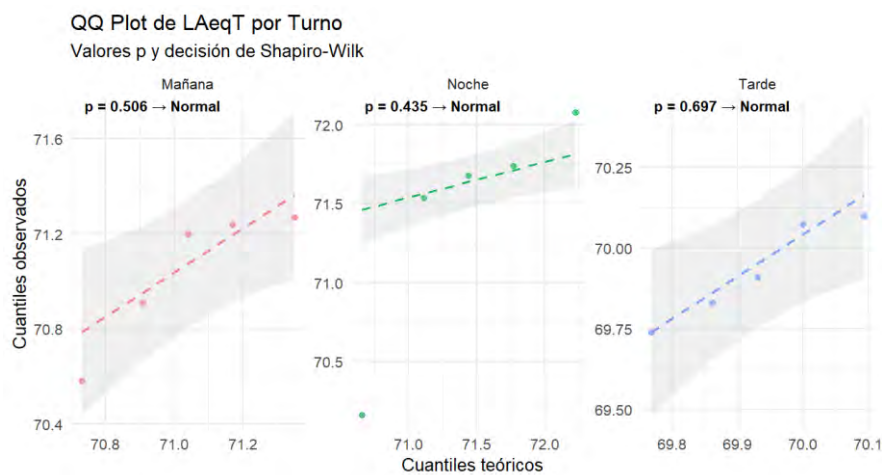
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-19

La figura muestra una distribución normal.

Figura 47

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-19



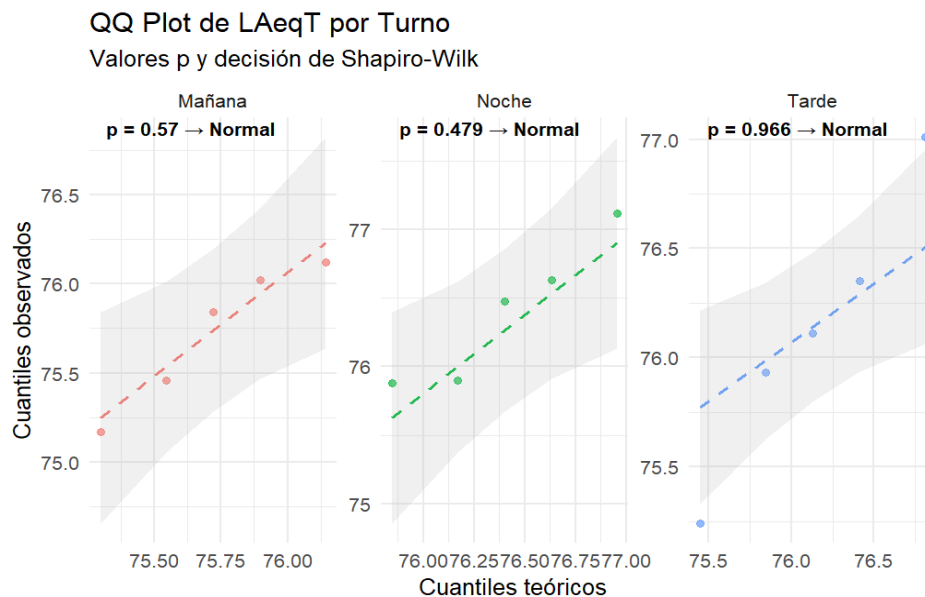
Nota. Fuente Elaboración Propia con software R

Punto de control PC-20

La figura muestra una distribución normal.

Figura 48

Verificación de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) del PC-20



Nota. Fuente: Elaboración Propia con software R

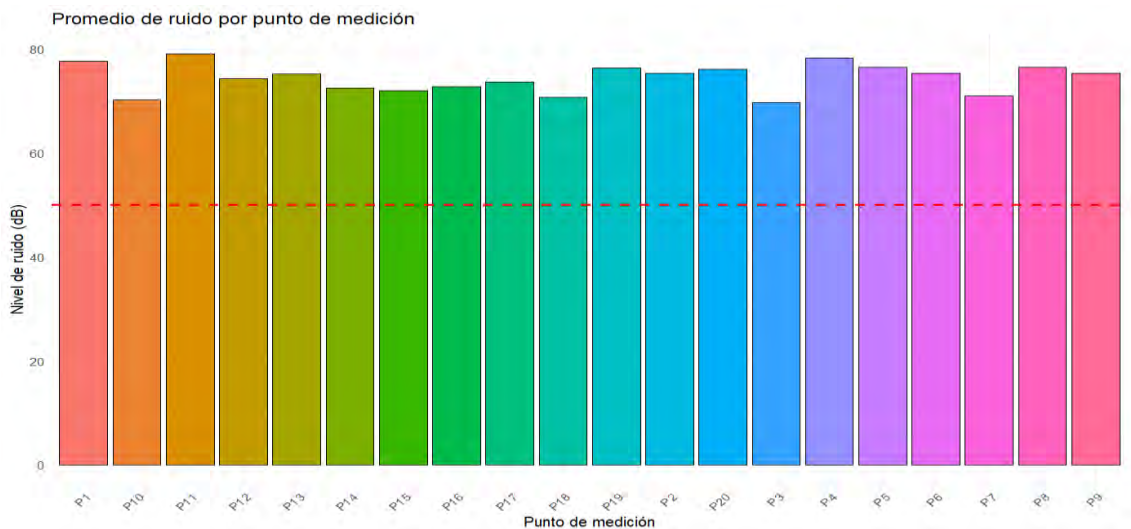
5.2.2. Gráficos de representación estadística

Se realizó un análisis estadístico descriptivo con todos los datos por turnos (mañana, tarde, noche).

La figura muestra el promedio de los niveles de ruido por cada punto de medición.

Figura 49

Promedio de ruido por punto de medición



Nota. Fuente Elaboración Propia

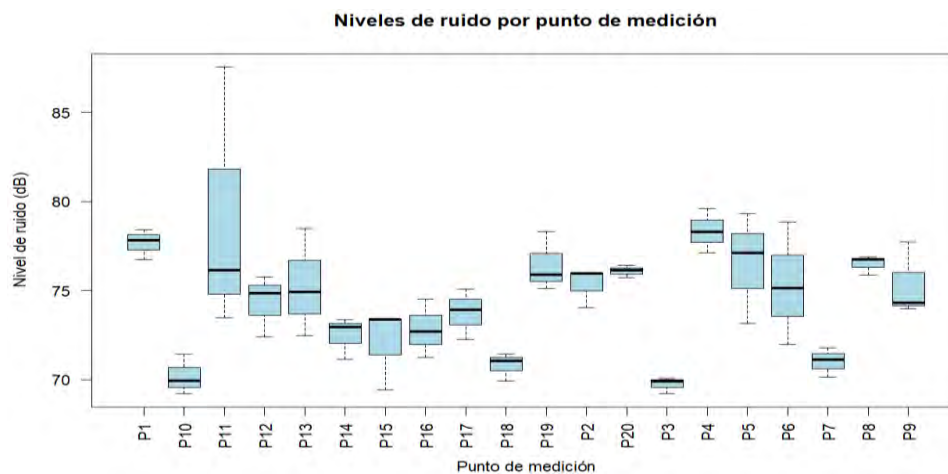
En la siguiente Figura se observan los niveles de ruido registrados en los distintos puntos de medición (P1-P20) , representados mediante diagramas de caja. En general, los valores de ruido se encuentran en el rango de 70 a 80 dB, marcando diferencias significativas entre las zonas medidas.

Este comportamiento refleja que algunos sectores presentan condiciones críticas de contaminación acústica, mientras que otros mantienen niveles más controlados. Dichas diferencias pueden atribuirse a la intensidad del tráfico vehicular, la presencia de intersecciones, semáforos y las características geométricas de la vía en cada punto de medición.

La figura a continuación muestra los niveles de ruido por cada punto de medición, representados mediante diagramas de caja.

Figura 50

Niveles de ruido por punto de medición



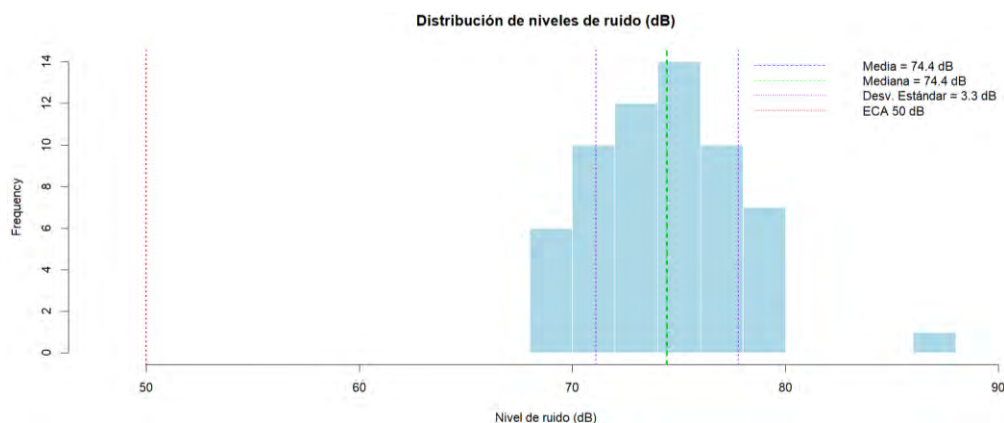
Nota. Fuente Elaboración Propia

El histograma de la distribución de niveles de ruido (LAeqT) muestra que la mayoría de los valores registrados se centran en un rango superior al Estándar de Calidad Ambiental (ECA). La media y la mediana es de 74.4 dB, lo que evidencia una simetría en los datos. La desviación estándar es de 3.3 dB, reflejando baja dispersión en las mediciones.

La figura muestra el promedio de los niveles de ruido por cada punto de medición.

Figura 51

Distribución de niveles de ruido (dB)



Nota. Fuente Elaboración Propia

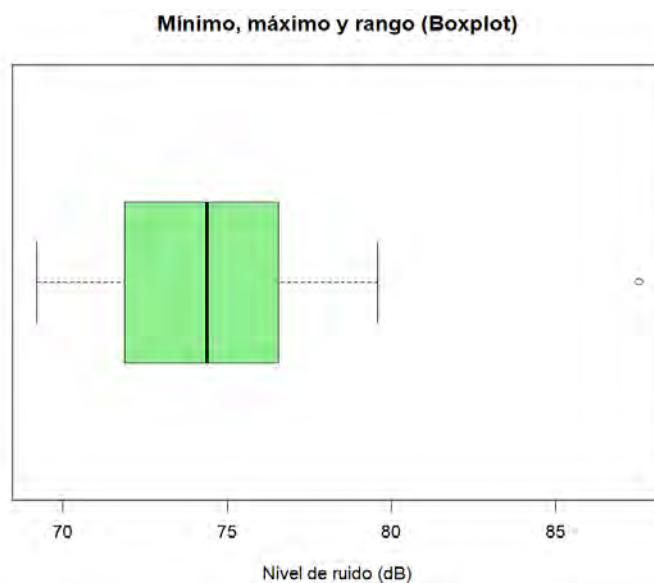
Caja verde (boxplot)

El diagrama de caja evidencia que los niveles de ruido registrados se encuentran mayoritariamente por encima del Estándar de Calidad Ambiental (50 Db de día y 40 dB de noche). La mediana supera este valor de referencia, lo cual confirma que más del 50% de las mediciones incumplen la normativa. El rango intercuartílico muestra una dispersión moderada a alta, indicando que los niveles de ruido fluctúan significativamente en el área de estudio. Además, la presencia de valores extremos (outliers) sugiere episodios puntuales de incremento de ruido posiblemente vinculados a mayor flujo vehicular.

La figura muestra el rango y la media de los niveles de ruido por cada punto de medición.

Figura 52

Distribución de Media y rango de los niveles de ruido (dB)



Nota. Fuente: Elaboración Propia

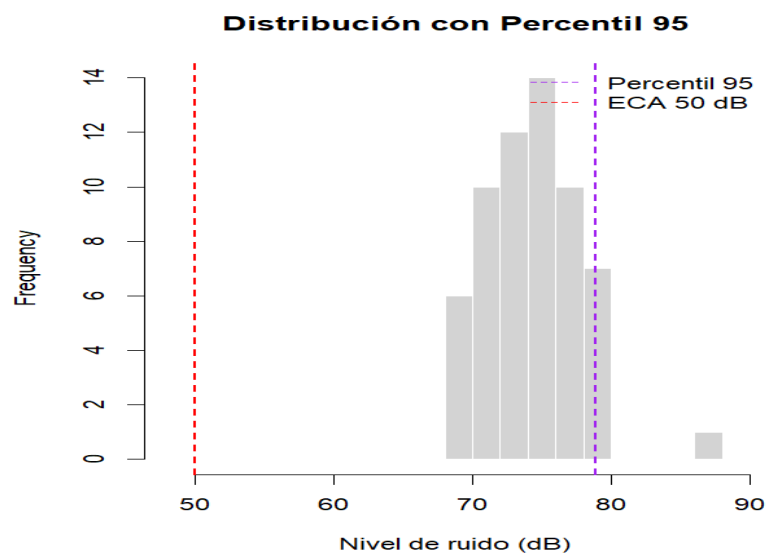
El histograma de la distribución de niveles de ruido muestra que el percentil 95 se ubica en aproximadamente 78 dB (línea púrpura discontinua), lo cual indica que el 95% de las

mediciones se encuentra por debajo de este valor y solo un 5% lo supera. Dado que el valor del percentil 95 es mayor al límite del Estándar de Calidad Ambiental de, se evidencia que la gran mayoría de las mediciones sobrepasan la normativa, confirmando la presencia de contaminación acústica sostenida en la zona de estudio.

La siguiente figura muestra el valor del percentil 95.

Figura 53

Distribución del percentil 95



Nota. Fuente Elaboración Propia

Escala de interpretación del coeficiente de variación del ruido

- $CV < 0.1$ (10%) → variabilidad baja → los niveles de ruido son bastante homogéneos en el tiempo.
- $0.1 \leq CV \leq 0.3$ → variabilidad moderada.
- $CV > 0.3$ → variabilidad alta → el ruido fluctúa mucho respecto a su promedio.

El coeficiente de variación global del nivel de ruido (LAeqT) fue de 0.0449 lo cual indica una variabilidad alta de los datos en relación con su media. Esto significa que los niveles de ruido registrados presentan fluctuaciones importantes, lo cual es relevante para interpretar la estabilidad de la contaminación acústica en el área de estudio.

La figura muestra el valor del coeficiente de variación del ruido.

Figura 54

Coeficiente de variación del nivel de ruido



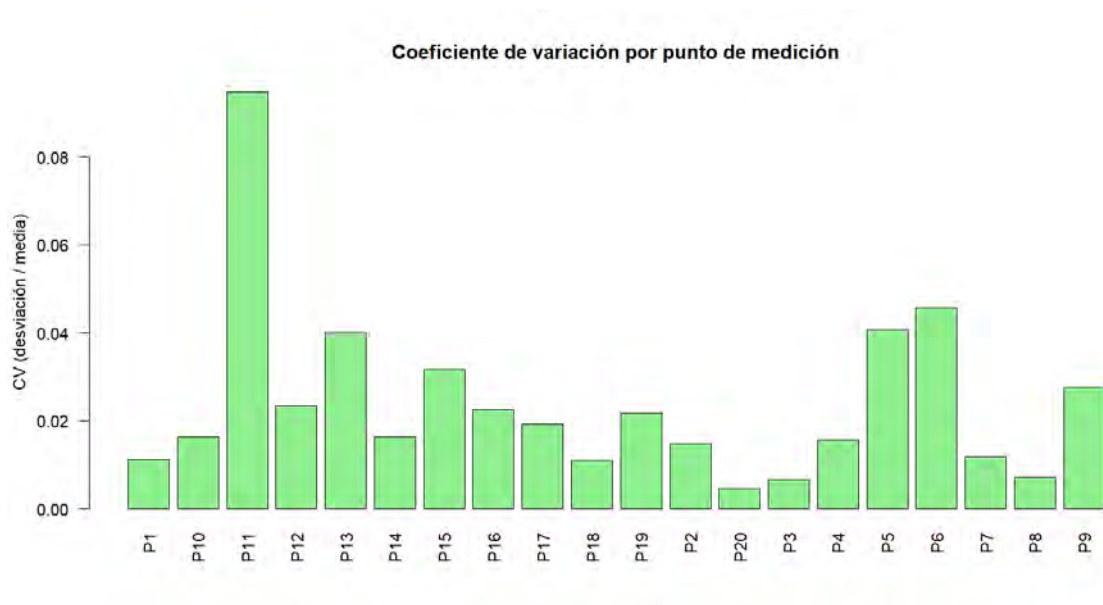
Nota. Fuente Elaboración Propia

El coeficiente de variación (CV) permite evaluar la dispersión relativa de los niveles de ruido respecto a su media. En el gráfico se observa que algunos puntos presentan valores bajos de CV, lo que indica que las mediciones son consistentes y estables en el tiempo. En contraste, otros puntos alcanzan un CV más elevado, lo cual refleja una mayor variabilidad en el ruido ambiental, probablemente asociada a fluctuaciones en el tránsito vehicular o a factores externos.

La figura muestra el valor del coeficiente de variación (CV) para cada punto de medición.

Figura 55

Coeficiente de variación del nivel de ruido



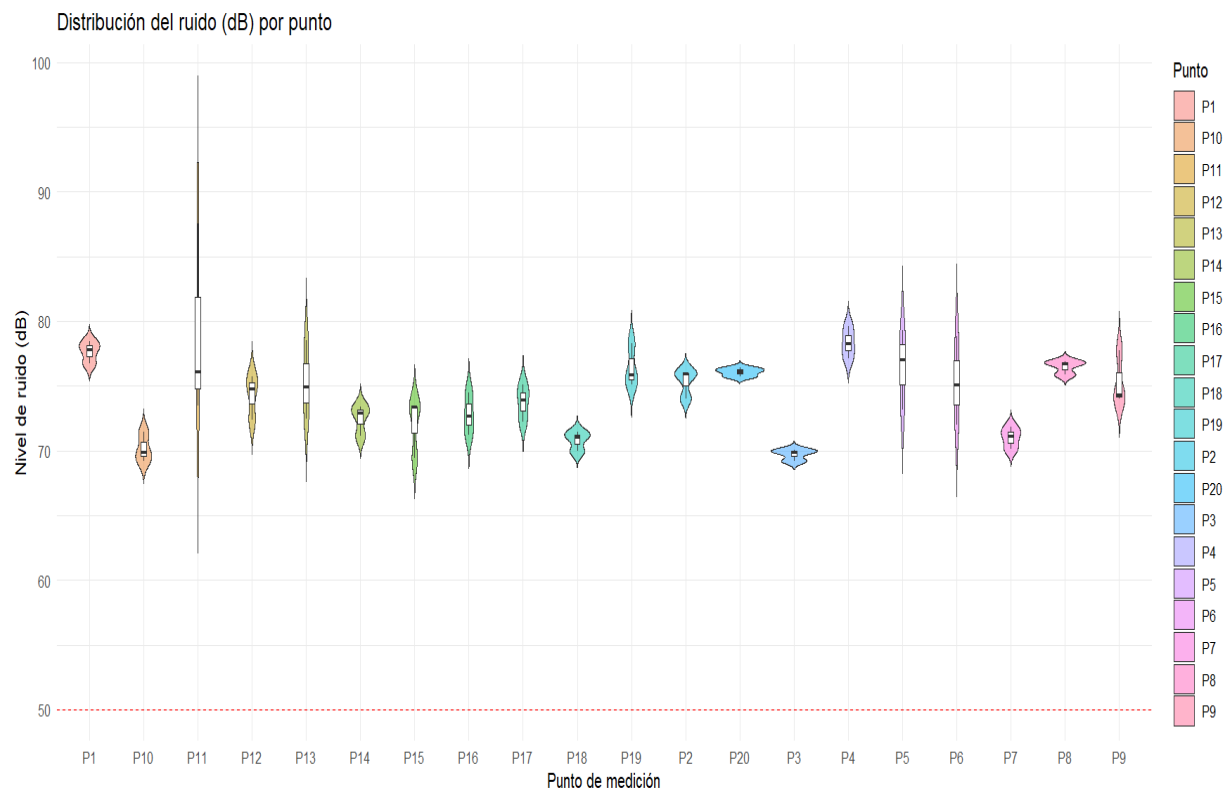
Nota. Fuente Elaboración Propia

En la figura se observa la distribución de los niveles de ruido (LAeqT) en los distintos puntos de medición. Los violines muestran la densidad de los valores, mientras que los diagramas de caja permiten identificar la mediana y la dispersión de los datos. Se aprecia que, en la mayoría de los puntos, la mediana y el rango intercuartílico superan el valor de referencia de 50 dB de día y 40 dB de noche.

La figura muestra la densidad de los valores de ruido.

Figura 56

Violín de la distribución del ruido por punto



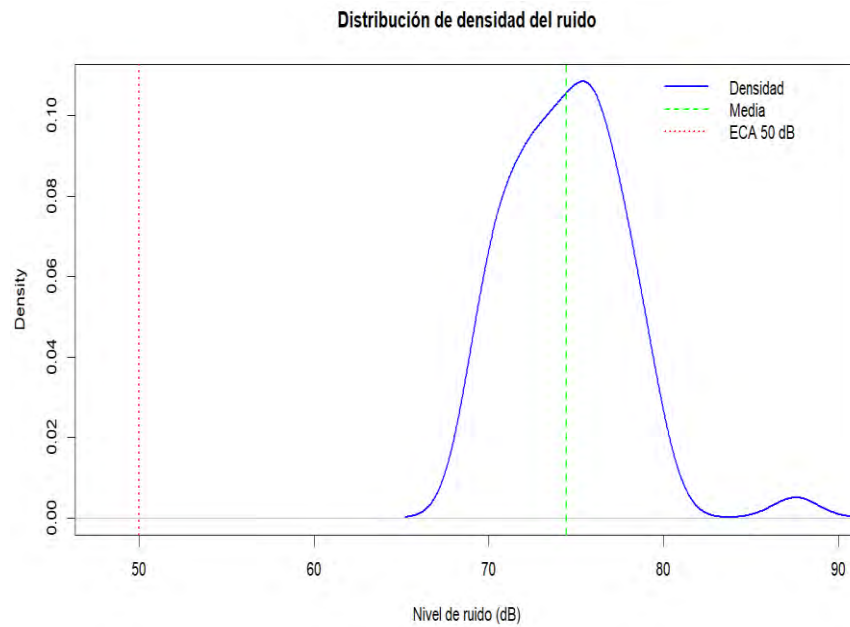
Nota. Fuente Elaboración Propia

En la Figura se presenta la distribución de densidad de los niveles de ruido (LAeqT) registrados en los puntos de medición. Se observa que la mayor concentración de valores se encuentra alrededor de los 75 dB, lo cual evidencia que la mayoría de los registros tienden a situarse en este rango. La curva presenta una variabilidad moderada, lo que indica que, aunque los niveles de ruido son relativamente consistentes, existen casos puntuales que superan los valores más frecuentes.

La figura muestra la densidad de los valores de ruido.

Figura 57

Distribución de densidad del ruido

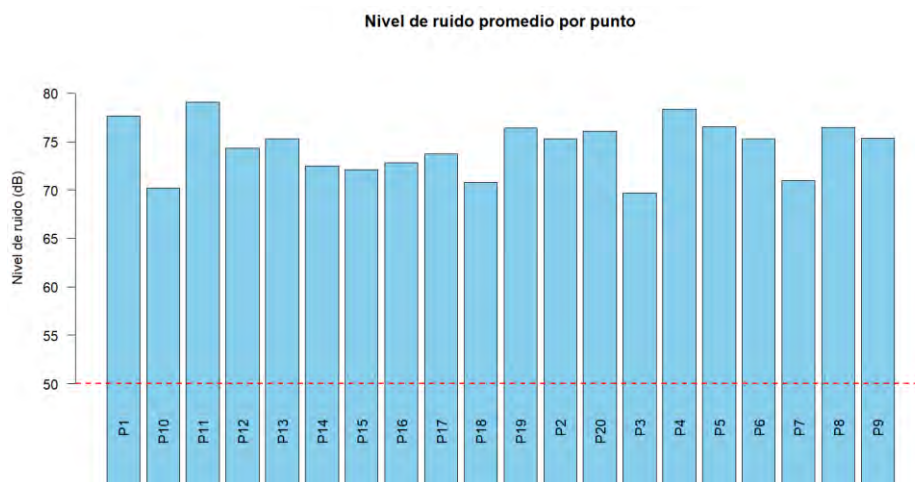


Nota. Fuente Elaboración Propia

La figura muestra el promedio de los valores de ruido por cada punto de medición.

Figura 58

Nivel de ruido promedio por punto



Nota. Fuente Elaboración Propia

5.2.3. Comprobación de la hipótesis específica 1

HE1: Los niveles de presión acústica en zonas de uso especial del distrito de cusco, durante el año 2025, son considerablemente altos y superan los límites permisibles establecidos en los ECA

Para responder esta hipótesis se graficaron los niveles de presión sonora obtenidos con los límites de la norma, pero para comprobar se hará el test de la media, el cual nos dará valores de p.

Para cada turno (Mañana, tarde $L = 50\text{dB}$; Noche $L = 40\text{dB}$)

- $H_o(\text{nula}): u \leq L$
- $H_1(\text{alternativa, una cola}): u > L$

*Objetivo: probar si la media poblacional (u) es mayor que el límite L
probar Test de la media (one – sample t – test)*

$$t = \frac{\bar{x} - L}{s/\sqrt{n}}$$

- $\bar{x}$ = media muestral
- s = desviación muestral
- n = tamaño muestral
- L = límite normativo (50 o 40 dB)

valor de p:

$$p = P(X \geq k) = \sum_{j=k}^n \binom{n}{j} p_o^j (1 - p_o)^{n-j}$$

VALOR DE p:

Mañana

- p-valor = 5.96×10^{-20}
- Muy por debajo de 0.05 $\rightarrow$ Se rechaza H_o . el nivel de ruido en turno mañana es significativamente mayor a 50 dB.

Tarde

- $p\text{-valor} = 1.25 \times 10^{-16}$
- Muy por debajo de 0.05 $\rightarrow$ Se rechaza H_0 : el nivel de ruido en turno tarde es significativamente mayor a 50 dB.

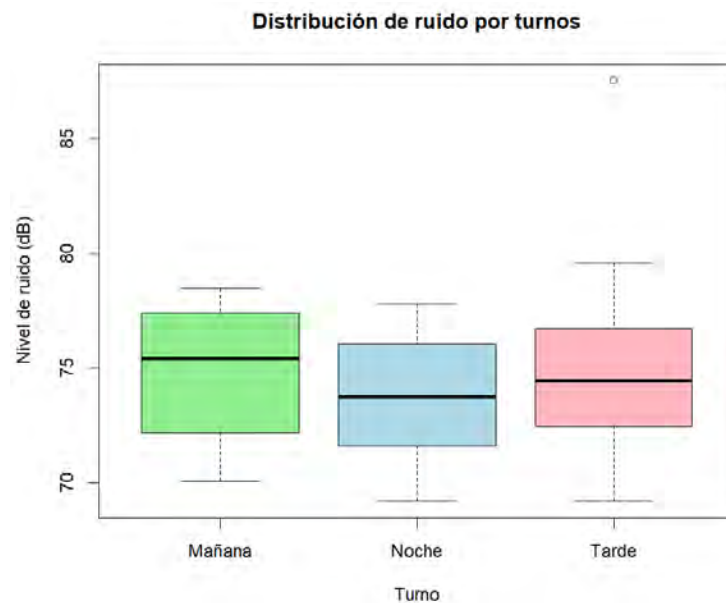
Noche

- $p\text{-valor} = 7.18 \times 10^{-23}$
- Muy por debajo de 0.05 $\rightarrow$ Se rechaza H_0 : el nivel de ruido en turno noche es significativamente mayor a 40 dB.

A continuación, la figura muestra el promedio de los valores de ruido por cada punto de medición.

Figura 59

Distribución de ruido por turnos

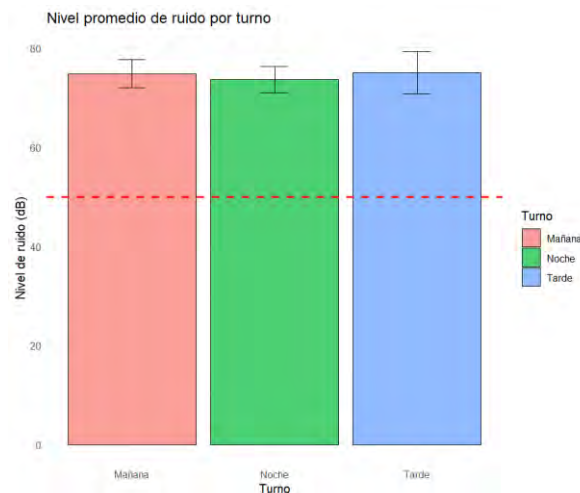


Nota. Fuente Elaboración Propia

La figura muestra el promedio de los valores de ruido por cada turno.

Figura 60

Nivel promedio de ruido por turnos

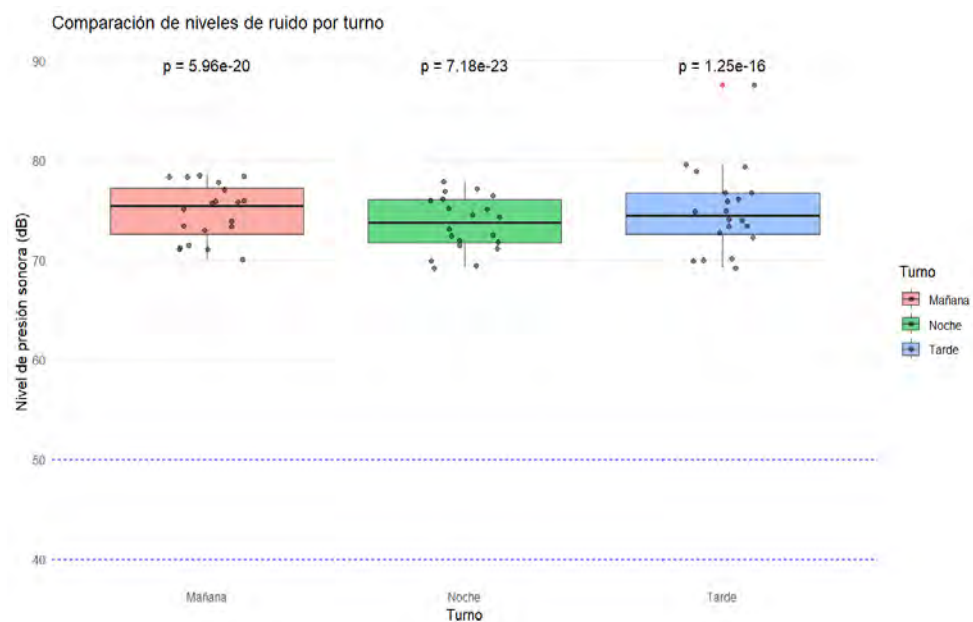


Nota. Fuente Elaboración Propia

La figura se observa los niveles de ruido comparados con el ECA de 50dB para mañana, tarde y 40 dB para la Noche

Figura 61

Comparación de niveles de ruido por turno



Nota.. Fuente: Elaboración Propia

La figura se observa los niveles de ruido comparados con el ECA de 50dB para Mañana, tarde y 40 dB para la Noche.

Figura 62

Promedio de niveles de presión acústica vs límites ECA

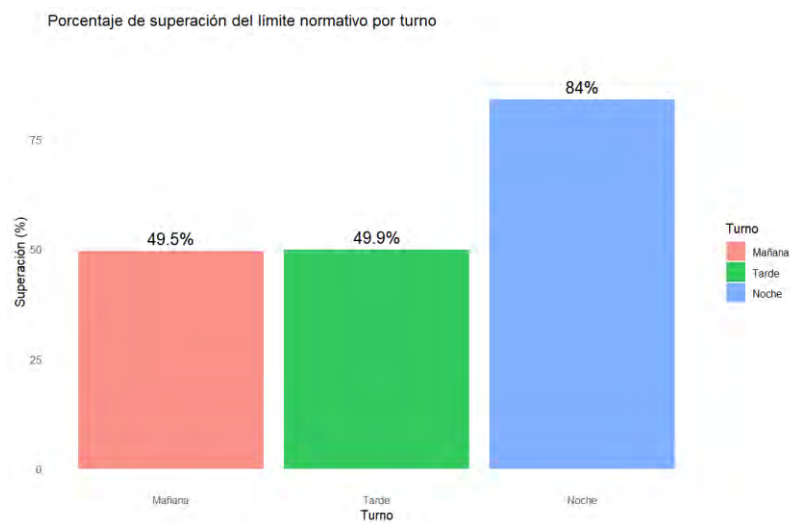


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura se observa los porcentajes de exceso de Presión acústica para los tres turnos.

Figura 63

Porcentaje de superación de límite ECA por turno



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Los niveles de ruido por turnos (mañana, tarde y noche) muestra que en todos los casos los valores medianos y rangos intercuartílico se encuentran muy por encima del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de 50 dB para la mañana, tarde y para la noche de 40dB, para zonas de uso especial. Esto evidencia que la exposición al ruido excede el límite normativo de manera constante a lo largo del día. Asimismo, las diferencias entre los turnos resultan poco significativas, lo que indica que el ruido vehicular constituye una fuente persistente e independiente del horario, afectando de igual manera las actividades educativas y de salud.

5.3. Mapas de ruido

Los siguientes mapas de ruido muestran la distribución espacial de los niveles de presión acústica en cada punto de control, lo cual nos servirá para identificar las zonas de uso especial que presentan los niveles de ruido más altos en el distrito de Cusco, así como aquellas que superan los límites permitidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido (ECA).

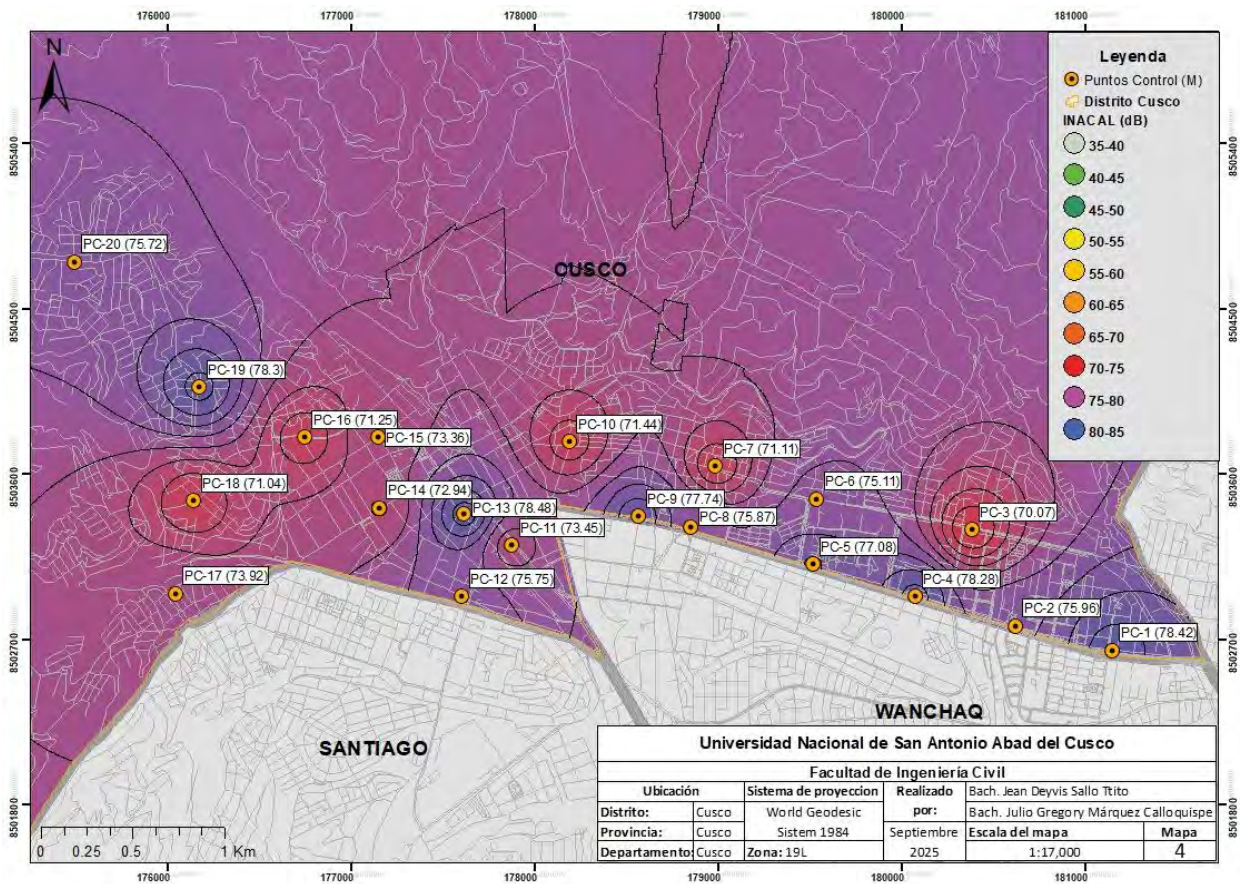
5.3.1. Turno mañana

Para el turno mañana, se observa que el punto (PC-13) presenta el nivel más elevado de ruido con 78.48 dB(A), y el punto (PC-3) presenta el nivel más bajo con 70.07 dB(A).

Asimismo, se puede notar que todos los puntos superan los límites permitidos establecidos por el ECA para zonas de protección especial.

Mapa 5

Mapa de Ruido turno mañana



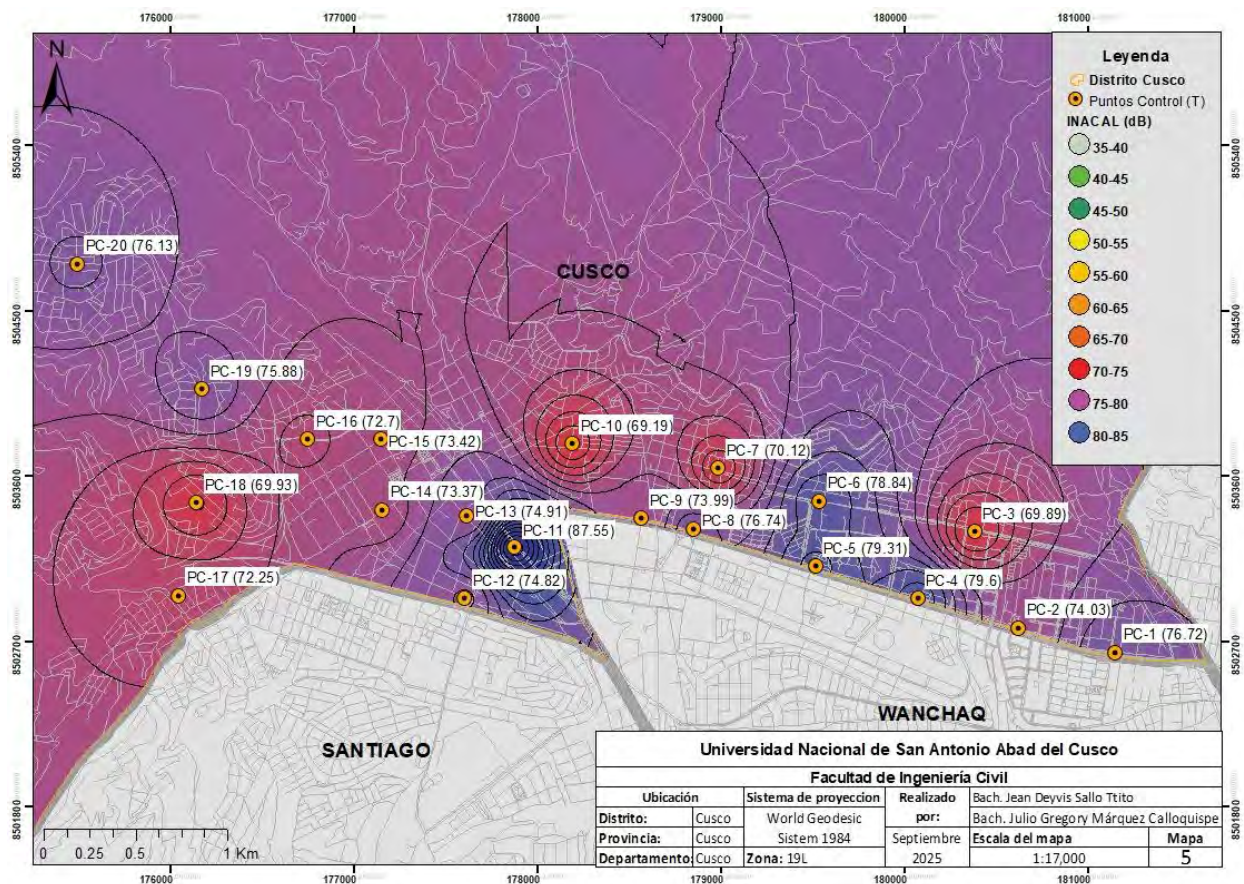
Nota. Realizado por elaboración propia con base en (GEO GPS, 2025)

5.3.2. Turno tarde

Para el turno tarde, se observa que el punto (PC-11) presenta el nivel más elevado de ruido con 87.55 dB(A), y el punto (PC-10) presenta el nivel más bajo con 69.19 dB(A). Asimismo, se puede notar que todos los puntos superan los límites permitidos establecidos por el ECA para zonas de protección especial.

Mapa 6

Mapa de Ruido turno tarde



Nota. Realizado por elaboración propia con base en (GEO GPS, 2025)

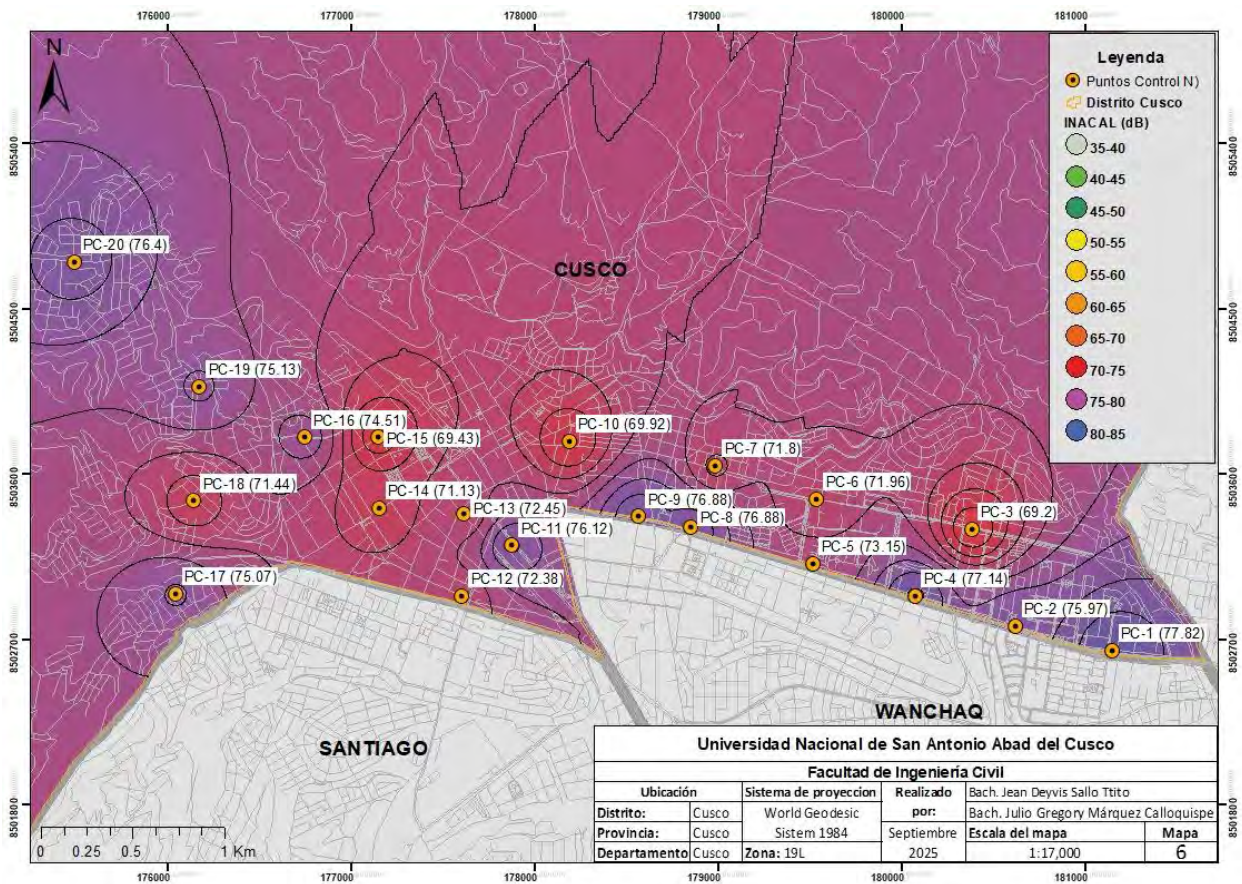
5.3.3. Turno noche

Para el turno noche, se observa que el punto (PC-1) presenta el nivel más elevado de ruido con 77.82 dB(A), y el punto (PC-3) presenta el nivel más bajo con 69.20 dB(A).

Asimismo, se puede notar que todos los puntos superan los límites permitidos establecidos por el ECA para zonas de protección especial.

Mapa 7

Mapa de Ruido turno noche



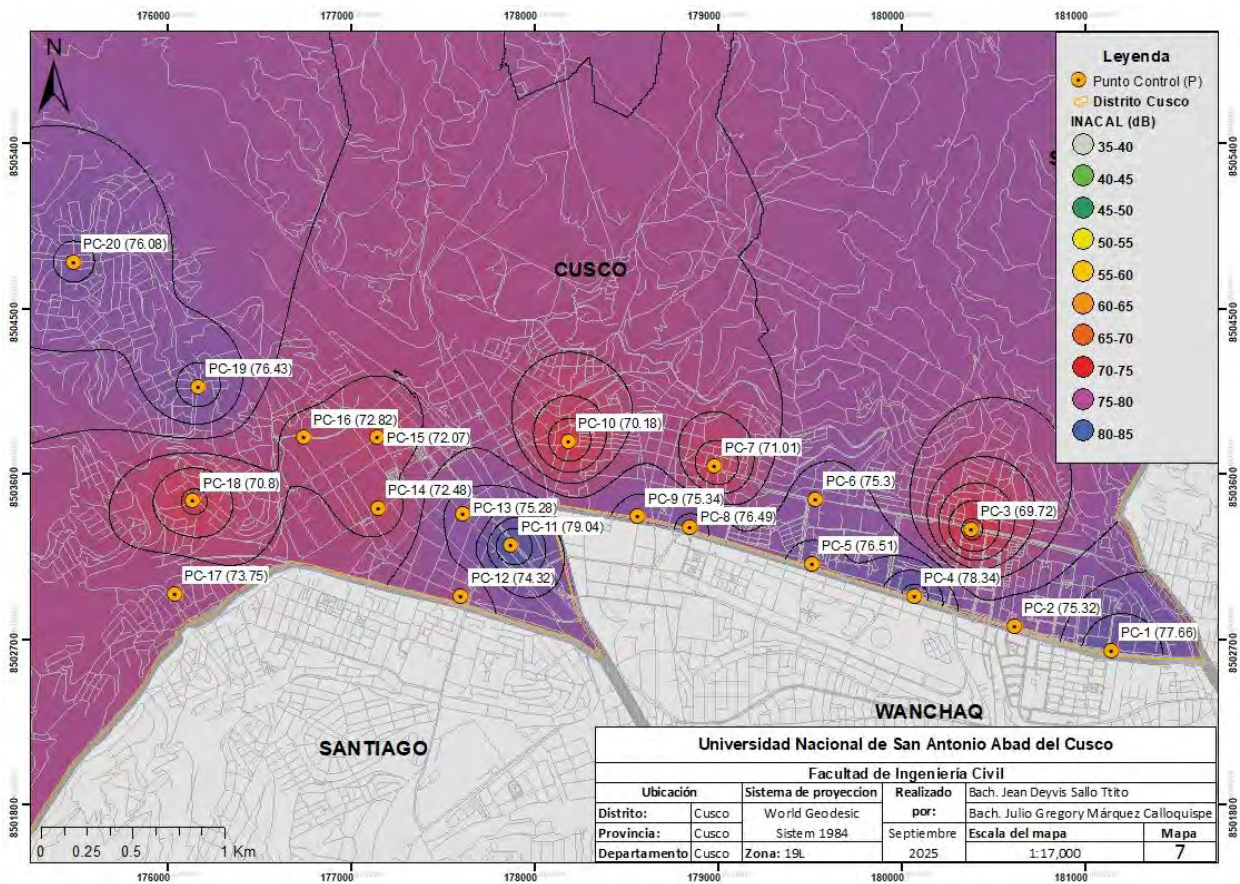
Nota. Realizado por elaboración propia con base en (GEO GPS, 2025)

5.3.4. Promedio General

Para el promedio general, se observa que el punto (PC-11) presenta el nivel más elevado de ruido con 79.04 dB(A), y el punto (PC-3) presenta el nivel más bajo con 69.72 dB(A). Asimismo, se puede notar que todos los puntos superan los límites permitidos establecidos por el ECA para zonas de protección especial.

Mapa 8

Mapa de Ruido Promedio



Nota. Realizado por elaboración propia con base en (GEO GPS, 2025)

5.4.Resultados del conteo de flujo vehicular

Las siguientes tablas muestran los datos registrados de flujo vehicular en cada punto para los cinco días de medición en tres turnos (Mañana, Tarde y Noche).

Tabla 30

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-1

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR								
UBICACIÓN: I.E.S.T.P Antonio Lorena				COORDENADAS: 181145.021 - 8502638.01				
CÓDIGO: PC-1				PERIODO DE CONTEO: del 14/07/25 al 18/07/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO	
L3: Motocicletas	Mañana	28	37	25	29	27	29	
	Tarde	36	40	23	32	35	33	
	Noche	26	30	33	27	25	28	
M1: Autos	Mañana	2990	2989	2987	2991	2994	2990	
	Tarde	1718	1722	1714	1719	1717	1718	
	Noche	2448	2452	2445	2449	2447	2448	
M2: Microbuses	Mañana	98	102	95	99	97	98	
	Tarde	70	74	67	71	69	70	
	Noche	40	44	37	41	39	40	
M3: Omnibuses	Mañana	482	486	479	483	481	482	
	Tarde	532	536	529	533	531	532	
	Noche	464	468	461	465	463	464	
N1: Camionetas	Mañana	40	44	37	41	39	40	
	Tarde	36	40	33	37	35	36	
	Noche	30	34	27	31	29	30	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	32	36	29	33	31	32	
	Tarde	50	54	47	51	49	50	
	Noche	28	32	25	29	27	28	
N3: Carga pesada	Mañana	8	12	5	9	7	8	
	Tarde	10	9	7	11	14	10	
	Noche	2	2	1	3	3	2	
O1: Remolque pequeño	Mañana	22	26	29	23	21	24	
	Tarde	32	36	33	31	19	30	
	Noche	18	17	15	19	22	18	
O2: Remolque mediano	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana				1		0	
	Tarde	1					0	
	Noche					1	0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							3082	
Observaciones:								

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-2

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR							
UBICACIÓN: Colegio San Antonio Abad del Cusco	COORDENADAS: 180617.87 - 8502771.47						
CÓDIGO: PC-2	PERIODO DE CONTEO: del 14/07/25 al 18/07/25						
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA					
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO
L3: Motocicletas	Mañana	24	27	22	28	20	24
	Tarde	36	39	34	40	32	36
	Noche	28	31	26	32	24	28
M1: Autos	Mañana	2626	2629	2624	2630	2622	2626
	Tarde	1948	1951	1946	1952	1944	1948
	Noche	2314	2317	2312	2318	2310	2314
M2: Microbuses	Mañana	78	81	76	82	74	78
	Tarde	62	65	60	66	58	62
	Noche	38	41	36	42	34	38
M3: Omnibuses	Mañana	542	545	540	546	538	542
	Tarde	530	533	528	534	526	530
	Noche	498	501	496	502	494	498
N1: Camionetas	Mañana	34	37	32	38	30	34
	Tarde	24	27	22	28	20	24
	Noche	18	21	16	22	14	18
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	14	17	12	18	10	14
	Tarde	18	21	16	22	14	18
	Noche	12	15	10	16	8	12
N3: Carga pesada	Mañana		1	2			1
	Tarde	2	4		3	1	2
	Noche	1		1	2		1
O1: Remolque pequeño	Mañana	12	15	10	11	8	11
	Tarde	4	7	2	5	3	4
	Noche						0
O2: Remolque mediano	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana	2			2	1	1
	Tarde		2		1	1	1
	Noche	1		1			0
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)						2956	
Observaciones:							

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 32

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-3

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: UTEA (Collasuyo)				COORDENADAS: 180377.91 - 8503296.65				
CÓDIGO: PC-3				PERIODO DE CONTEO: del 21/07/25 al 25/07/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO	
L3: Motocicletas	Mañana	32	36	33	29	31	32	
	Tarde	36	40	37	33	35	36	
	Noche	28	32	29	25	27	28	
M1: Autos	Mañana	862	866	863	859	861	862	
	Tarde	858	862	859	855	857	858	
	Noche	854	858	855	851	853	854	
M2: Microbuses	Mañana	14	18	15	11	13	14	
	Tarde	18	22	19	15	17	18	
	Noche	22	26	23	19	21	22	
M3: Omnibuses	Mañana	46	50	47	43	45	46	
	Tarde	48	52	49	45	47	48	
	Noche	58	62	59	55	57	58	
N1: Camionetas	Mañana	22	26	23	19	21	22	
	Tarde	28	32	29	25	27	28	
	Noche	34	38	35	31	33	34	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	24	28	25	21	23	24	
	Tarde	32	36	33	29	31	32	
	Noche	36	40	37	33	35	36	
N3: Carga pesada	Mañana		1	1	1	2	1	
	Tarde	1	5	1		1	2	
	Noche	1	5		2	1	2	
O1: Remolque pequeño	Mañana	4	8	5	1	3	4	
	Tarde	12	16	10	9	8	11	
	Noche	16	15	17	11	14	15	
O2: Remolque mediano	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana		1		1	2	1	
	Tarde	1	1	2			1	
	Noche		1		1		0	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							1031	
Observaciones:								

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-4

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: Hospital Regional del Cusco				COORDENADAS: 180070.435 - 8502932.67				
CÓDIGO: PC-4				PERIODO DE CONTEO: del 21/07/25 al 25/07/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO	
L3: Motocicletas	Mañana	34	37	32	38	30	34	
	Tarde	42	45	38	46	38	42	
	Noche	36	39	34	40	32	36	
M1: Autos	Mañana	2640	2643	2638	2644	2636	2640	
	Tarde	2096	2099	2094	2100	2092	2096	
	Noche	2432	2435	2430	2436	2428	2432	
M2: Microbuses	Mañana	72	75	70	76	68	72	
	Tarde	78	81	76	82	74	78	
	Noche	60	63	58	64	56	60	
M3: Omnibuses	Mañana	510	513	508	514	501	509	
	Tarde	464	467	462	468	460	464	
	Noche	492	495	490	496	488	492	
N1: Camionetas	Mañana	50	53	48	54	46	50	
	Tarde	36	39	29	40	32	35	
	Noche	38	41	36	42	34	38	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	40	43	38	42	36	40	
	Tarde	34	37	32	38	30	34	
	Noche	28	31	26	32	24	28	
N3: Carga pesada	Mañana				1		0	
	Tarde		1				0	
	Noche						0	
O1: Remolque pequeño	Mañana	28	30	26	32	24	28	
	Tarde	22	24	19	26	16	21	
	Noche	18	21	16	22	13	18	
O2: Remolque mediano	Mañana	1	1		1		1	
	Tarde	1	2		2		1	
	Noche		1	1		1	1	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana	2		1			1	
	Tarde		1		2	1	1	
	Noche	1	3		2	1	1	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							3085	
Observaciones:								

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 34

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-5

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL							
UBICACIÓN: UNSAAC				COORDENADAS: 179511.159 - 8503107.81			
CÓDIGO: PC-5				PERIODO DE CONTEO: del 28/07/25 al 01/08/25			
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA					
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO
L3: Motocicletas	Mañana	62	66	59	63	61	62
	Tarde	74	78	71	75	73	74
	Noche	38	42	35	39	37	38
M1: Autos	Mañana	1952	1956	1949	1953	1951	1952
	Tarde	2500	2504	2497	2501	2499	2500
	Noche	2174	2178	2171	2175	2173	2174
M2: Microbuses	Mañana	76	80	73	77	75	76
	Tarde	92	96	89	93	91	92
	Noche	40	44	37	41	39	40
M3: Omnibuses	Mañana	586	590	583	587	585	586
	Tarde	538	542	535	539	537	538
	Noche	550	554	547	551	549	550
N1: Camionetas	Mañana	84	88	81	85	83	84
	Tarde	100	104	97	101	99	100
	Noche	74	78	71	75	73	74
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	66	70	63	67	65	66
	Tarde	90	94	87	91	89	90
	Noche	76	80	73	77	75	76
N3: Carga pesada	Mañana						0
	Tarde		1				0
	Noche				1		0
O1: Remolque pequeño	Mañana	8	12	5	8	7	8
	Tarde	10	14	7	11	8	10
	Noche	4	8	1	5	3	4
O2: Remolque mediano	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							3066
Observaciones:							

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 35

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-6

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: Academia Pre Universitaria Pardo				COORDENADAS: 179533.784 - 8503461.79				
CÓDIGO: PC-6				PERIODO DE CONTEO: del 28/07/25 al 01/08/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO	
L3: Motocicletas	Mañana	64	67	62	68	60	64	
	Tarde	70	73	68	74	66	70	
	Noche	56	59	54	60	52	56	
M1: Autos	Mañana	1258	1261	1256	1262	1254	1258	
	Tarde	914	917	912	918	910	914	
	Noche	842	845	840	846	838	842	
M2: Microbuses	Mañana	28	31	26	32	24	28	
	Tarde	26	29	24	30	22	26	
	Noche	18	21	16	22	14	18	
M3: Omnibuses	Mañana	66	69	64	70	62	66	
	Tarde	46	49	44	50	42	46	
	Noche	52	55	50	56	48	52	
N1: Camionetas	Mañana	34	37	32	38	30	34	
	Tarde	18	21	16	22	14	18	
	Noche	18	21	16	22	14	18	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	20	23	18	24	16	20	
	Tarde	18	21	16	22	14	18	
	Noche	20	23	18	24	16	20	
N3: Carga pesada	Mañana	4	4	2	5	3	4	
	Tarde	2	5	3	4	2	3	
	Noche	4	7	2	7	1	4	
O1: Remolque pequeño	Mañana	8	6	6	7	4	6	
	Tarde	1	2	5	3	3	3	
	Noche	4	5	2	4		3	
O2: Remolque mediano	Mañana			1		1	0	
	Tarde	1	1		1		1	
	Noche			1		1	0	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana	2	2		3	1	2	
	Tarde	1	1	2	2	2	2	
	Noche	2	1	2	4		2	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana	2	4	1	3	3	3	
	Tarde	4	7	2	4	3	4	
	Noche	2	3	2	4	1	2	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							1203	
Observaciones: Vía estrecha de 2 carriles, presencia de semáforo, congestión vehicular								

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 36

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-7

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL							
UBICACIÓN: I.E. República de México				COORDENADAS: 178983.197 - 8503640.97			
CÓDIGO: PC-7				PERIODO DE CONTEO: del 04/08/25 al 08/08/25			
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA					
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO
L3: Motocicletas	Mañana	34	37	32	38	30	34
	Tarde	56	59	54	60	52	56
	Noche	68	71	66	72	64	68
M1: Autos	Mañana	882	885	880	886	878	882
	Tarde	846	849	844	850	842	846
	Noche	1004	1009	997	1013	998	1004
M2: Microbuses	Mañana	74	77	72	78	70	74
	Tarde	122	125	120	126	118	122
	Noche	106	109	104	110	102	106
M3: Omnibuses	Mañana	112	115	110	116	108	112
	Tarde	136	139	134	140	132	136
	Noche	120	123	118	124	116	120
N1: Camionetas	Mañana	32	35	30	36	28	32
	Tarde	52	55	50	56	48	52
	Noche	44	47	42	48	40	44
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	24	27	22	28	20	24
	Tarde	10	13	8	14	6	10
	Noche	18	21	16	22	14	18
N3: Carga pesada	Mañana		1	1			0
	Tarde	2	2		1	1	1
	Noche	1		2			1
O1: Remolque pequeño	Mañana	2			2		1
	Tarde		1			1	0
	Noche				1		0
O2: Remolque mediano	Mañana	4	6	2	3	4	4
	Tarde	6	9	4	7	2	6
	Noche	14	13	10	16	9	12
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana			2			0
	Tarde	1			1	1	1
	Noche		1	1			0
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana		1		1	1	1
	Tarde	2	2	1	3		2
	Noche	2	4	1	2	2	2
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							1258
Observaciones:							

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 37

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-8

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: I.E. Inca Garcilaso de la Vega				COORDENADAS: 178848.595 - 8503306.42				
CÓDIGO: PC-8				PERIODO DE CONTEO: del 04/08/25 al 08/08/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNOS	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO	
L3: Motocicletas	Mañana	40	44	37	41	39	40	
	Tarde	74	78	68	75	73	74	
	Noche	52	56	49	53	51	52	
M1: Autos	Mañana	2148	2152	2145	2149	2147	2148	
	Tarde	2028	2032	2019	2029	2027	2027	
	Noche	2416	2420	2413	2417	2415	2416	
M2: Microbuses	Mañana	64	68	61	65	63	64	
	Tarde	92	96	89	93	91	92	
	Noche	84	88	81	85	83	84	
M3: Omnibuses	Mañana	632	636	629	633	631	632	
	Tarde	556	560	553	557	555	556	
	Noche	592	596	589	593	591	592	
N1: Camionetas	Mañana	48	52	45	49	47	48	
	Tarde	56	60	53	57	55	56	
	Noche	32	36	29	33	31	32	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	32	36	29	33	31	32	
	Tarde	48	52	45	49	47	48	
	Noche	30	34	27	31	29	30	
N3: Carga pesada	Mañana	4	8	1	5	3	4	
	Tarde	4	8	1	5	3	4	
	Noche						0	
O1: Remolque pequeño	Mañana	2			1	2	1	
	Tarde		1				0	
	Noche			1	1	1	1	
O2: Remolque mediano	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana		1				0	
	Tarde					1	0	
	Noche						0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							3012	
Observaciones:								

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 38

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-9

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL									
UBICACIÓN: I.E. Clorinda Matto de Turner				COORDENADAS: 178563.175 - 8503366.98					
CÓDIGO: PC-9				PERIODO DE CONTEO: del 11/08/25 al 15/08/25					
TIPO DE VEHÍCULO	TURNOS	Nº DE VEHÍCULOS/HORA							
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO		
L3: Motocicletas	Mañana	44	48	38	45	43	44		
	Tarde	60	66	57	61	59	61		
	Noche	52	56	49	53	51	52		
M1: Autos	Mañana	2156	2155	2151	2157	2155	2155		
	Tarde	2096	2100	2091	2097	2089	2095		
	Noche	2244	2248	2241	2250	2243	2245		
M2: Microbuses	Mañana	80	84	77	81	79	80		
	Tarde	82	86	79	83	81	82		
	Noche	52	56	49	53	51	52		
M3: Omnibuses	Mañana	546	550	539	547	545	545		
	Tarde	620	624	617	621	619	620		
	Noche	610	614	607	611	609	610		
N1: Camionetas	Mañana	50	54	47	51	49	50		
	Tarde	72	76	69	73	71	72		
	Noche	58	62	55	59	57	58		
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	48	52	45	49	47	48		
	Tarde	64	68	61	65	63	64		
	Noche	58	62	55	59	57	58		
N3: Carga pesada	Mañana	4	8	1	5	3	4		
	Tarde	2	3	3	3	1	2		
	Noche	4	7	1	5	3	4		
O1: Remolque pequeño	Mañana			2	3		1		
	Tarde	2	1			1	1		
	Noche		1	1			0		
O2: Remolque mediano	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana			1			0		
	Tarde						0		
	Noche		1		1		0		
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							3002		
Observaciones:									

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 39

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-10

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL							
UBICACIÓN: I.E. Privada Divino Maestro				COORDENADAS: 178185.848 - 8503774.36			
CÓDIGO: PC-10				PERIODO DE CONTEO: del 11/08/25 al 15/08/25			
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA					
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO
L3: Motocicletas	Mañana	28	31	26	32	24	28
	Tarde	42	45	40	46	36	42
	Noche	24	25	22	28	20	24
M1: Autos	Mañana	648	651	646	652	644	648
	Tarde	756	759	754	760	752	756
	Noche	690	693	688	694	686	690
M2: Microbuses	Mañana	164	167	162	168	160	164
	Tarde	186	189	184	190	182	186
	Noche	158	161	156	162	154	158
M3: Omnibuses	Mañana				1		0
	Tarde		1				0
	Noche				1	1	0
N1: Camionetas	Mañana	68	68	66	72	64	68
	Tarde	82	85	80	86	78	82
	Noche	54	57	52	58	48	54
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	68	71	66	72	64	68
	Tarde	86	87	84	90	82	86
	Noche	50	53	48	54	46	50
N3: Carga pesada	Mañana				1		0
	Tarde		1				0
	Noche						0
O1: Remolque pequeño	Mañana				1		0
	Tarde	1		1			0
	Noche						0
O2: Remolque mediano	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche	1				1	0
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							1036
Observaciones:							

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 40

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-11

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: Instituto Máximo nivel				COORDENADAS: 177873.225 - 8503209.48				
CÓDIGO: PC-11				PERIODO DE CONTEO: del 18/08/25 al 22/08/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO	
L3: Motocicletas	Mañana	112	116	111	109	113	112	
	Tarde	122	126	121	119	123	122	
	Noche	106	115	105	103	107	107	
M1: Autos	Mañana	1966	1970	1965	1963	1967	1966	
	Tarde	2608	2612	2607	2605	2609	2608	
	Noche	2210	2214	2209	2207	2211	2210	
M2: Microbuses	Mañana	182	186	181	179	191	184	
	Tarde	214	224	213	211	215	215	
	Noche	172	176	171	169	173	172	
M3: Omnibuses	Mañana	254	258	253	251	255	254	
	Tarde	230	234	229	227	231	230	
	Noche	212	216	211	209	213	212	
N1: Camionetas	Mañana	118	122	117	115	119	118	
	Tarde	148	152	147	145	149	148	
	Noche	130	134	129	127	131	130	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	148	152	147	145	149	148	
	Tarde	164	168	163	161	165	164	
	Noche	128	139	127	125	129	130	
N3: Carga pesada	Mañana	1					0	
	Tarde			1			0	
	Noche						0	
O1: Remolque pequeño	Mañana	14	18	13	11	15	14	
	Tarde	6	10	5	3	7	6	
	Noche	8	12	7	5	9	8	
O2: Remolque mediano	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana	1		3	1		1	
	Tarde	2	1	1		2	1	
	Noche		1			1	0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							3088	
Observaciones:								

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 41

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-12

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: UTEA (Av. Grau)					COORDENADAS: 177600.068 - 8502933.3			
CÓDIGO: PC-12					PERIODO DE CONTEO: del 18/08/25 al 22/08/25			
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO	
L3: Motocicletas	Mañana	30	33	28	34	26	30	
	Tarde	70	73	68	74	66	70	
	Noche	88	91	86	92	84	88	
M1: Autos	Mañana	804	807	802	808	800	804	
	Tarde	944	947	942	948	940	944	
	Noche	868	871	866	872	864	868	
M2: Microbuses	Mañana	10	13	8	14	6	10	
	Tarde	78	81	76	82	74	78	
	Noche	84	87	82	88	80	84	
M3: Omnibuses	Mañana	148	151	146	152	144	148	
	Tarde	192	195	190	196	188	192	
	Noche	224	227	222	228	220	224	
N1: Camionetas	Mañana	22	25	20	26	18	22	
	Tarde	62	65	60	66	58	62	
	Noche	92	95	90	96	88	92	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	14	17	12	18	10	14	
	Tarde	60	63	58	64	56	60	
	Noche	56	59	54	60	52	56	
N3: Carga pesada	Mañana	4	5	2	8		4	
	Tarde	10	9	11	14	6	10	
	Noche	2	4		6	1	3	
O1: Remolque pequeño	Mañana						0	
	Tarde	6	9	4	10	2	6	
	Noche	8	11	6	12	4	8	
O2: Remolque mediano	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana		1				0	
	Tarde						0	
	Noche					1	0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							1294	
Observaciones:								

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 42

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-13

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL									
UBICACIÓN: Hospital Hermana Josefina Serrano					COORDENADAS: 177612.86 - 8503380.85				
CÓDIGO: PC-13					PERIODO DE CONTEO: del 25/08/25 al 29/08/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						PROMEDIO	
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes			
L3: Motocicletas	Mañana	58	61	50	62	54	57		
	Tarde	48	51	46	52	44	48		
	Noche	34	37	32	38	30	34		
M1: Autos	Mañana	946	949	944	950	942	946		
	Tarde	1058	1061	1056	1062	1054	1058		
	Noche	972	975	970	976	968	972		
M2: Microbuses	Mañana	186	189	184	190	182	186		
	Tarde	218	221	216	222	214	218		
	Noche	170	173	168	174	166	170		
M3: Omnibuses	Mañana	418	421	416	422	414	418		
	Tarde	432	435	430	436	428	432		
	Noche	410	413	408	414	406	410		
N1: Camionetas	Mañana	52	55	50	56	48	52		
	Tarde	82	85	80	86	78	82		
	Noche	86	89	84	90	82	86		
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	46	49	44	50	42	46		
	Tarde	50	53	48	54	46	50		
	Noche	34	37	32	38	29	34		
N3: Carga pesada	Mañana					1	0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
O1: Remolque pequeño	Mañana	1	2		1		1		
	Tarde			1		1	0		
	Noche						0		
O2: Remolque mediano	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0		
	Tarde		1				0		
	Noche						0		
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)								1768	
Observaciones:									

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-14

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL									
UBICACIÓN: Colegio Nacional de Ciencias					COORDENADAS: 177150.528 - 8503413.68				
CÓDIGO: PC-14					PERIODO DE CONTEO: del 25/08/25 al 29/08/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA							
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO		
L3: Motocicletas	Mañana	14	18	9	15	13	14		
	Tarde	66	70	63	67	65	66		
	Noche	52	56	49	53	51	52		
M1: Autos	Mañana	842	846	839	843	841	842		
	Tarde	928	932	925	929	927	928		
	Noche	864	868	861	865	863	864		
M2: Microbuses	Mañana	22	26	19	23	21	22		
	Tarde	52	56	49	53	51	52		
	Noche	36	40	33	37	35	36		
M3: Omnibuses	Mañana	234	238	231	235	233	234		
	Tarde	280	284	277	281	279	280		
	Noche	244	248	241	245	243	244		
N1: Camionetas	Mañana	24	28	21	25	23	24		
	Tarde	40	44	37	41	39	40		
	Noche	36	40	33	37	35	36		
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	26	33	23	27	25	27		
	Tarde	46	50	43	47	45	46		
	Noche	32	36	29	33	28	32		
N3: Carga pesada	Mañana						0		
	Tarde	1				1	0		
	Noche						0		
O1: Remolque pequeño	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
O2: Remolque mediano	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana		1				0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							1281		
Observaciones:									

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 44

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-15

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL							
UBICACIÓN: Centro de Salud Siete Cuartones				COORDENADAS: 177140.926 - 8503801.71			
CÓDIGO: PC-15				PERIODO DE CONTEO: del 01/09/25 al 05/09/25			
TIPO DE VEHÍCULO	TURNOS	Nº DE VEHÍCULOS/HORA					
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO
L3: Motocicletas	Mañana	48	51	46	52	44	48
	Tarde	38	41	36	42	34	38
	Noche	58	61	56	62	54	58
M1: Autos	Mañana	592	595	590	596	588	592
	Tarde	524	527	522	528	520	524
	Noche	576	579	574	580	572	576
M2: Microbuses	Mañana	82	85	80	86	78	82
	Tarde	88	91	86	92	84	88
	Noche	90	93	88	94	86	90
M3: Omnibuses	Mañana	156	159	154	160	152	156
	Tarde	118	121	116	122	114	118
	Noche	134	137	132	138	130	134
N1: Camionetas	Mañana	30	33	28	34	26	30
	Tarde	24	27	22	28	20	24
	Noche	28	31	26	32	24	28
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	28	31	26	32	24	28
	Tarde	14	17	12	18	10	14
	Noche	24	27	22	28	20	24
N3: Carga pesada	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O1: Remolque pequeño	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O2: Remolque mediano	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							885
Observaciones: Vía estrecha de 2 carriles, presencia de semáforo, congestión vehicular							

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 45

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-16

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: Instituto Proyecto Perú Centre				COORDENADAS: 176743.318 - 8503797.24				
CÓDIGO: PC-16				PERIODO DE CONTEO: del 01/09/25 al 05/09/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						PROMEDIO
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes		
L3: Motocicletas	Mañana	42	46	37	39	43	41	
	Tarde	62	68	61	59	65	63	
	Noche	50	54	49	47	51	50	
M1: Autos	Mañana	770	774	769	767	771	770	
	Tarde	760	764	759	757	761	760	
	Noche	818	822	817	815	819	818	
M2: Microbuses	Mañana	94	98	93	91	95	94	
	Tarde	122	126	121	119	123	122	
	Noche	72	76	71	69	73	72	
M3: Omnibuses	Mañana	212	216	211	209	213	212	
	Tarde	252	256	251	249	253	252	
	Noche	270	274	269	267	271	270	
N1: Camionetas	Mañana	74	78	73	71	75	74	
	Tarde	68	72	67	65	69	68	
	Noche	42	46	41	39	43	42	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	36	40	35	33	37	36	
	Tarde	72	76	73	69	74	73	
	Noche	28	28	27	25	29	27	
N3: Carga pesada	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O1: Remolque pequeño	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O2: Remolque mediano	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0	
	Tarde		1				0	
	Noche						0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)								1283
Observaciones:								

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-17

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL									
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL									
UBICACIÓN: The Kids House Cuna Jardín					COORDENADAS: 176039.835 - 8502946.37				
CÓDIGO: PC-17					PERIODO DE CONTEO: del 08/09/25 al 12/09/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA							
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO		
L3: Motocicletas	Mañana	76	76	75	81	73	76		
	Tarde	88	92	87	89	85	88		
	Noche	110	114	109	111	107	110		
M1: Autos	Mañana	680	684	679	681	677	680		
	Tarde	596	600	595	597	593	596		
	Noche	720	724	719	721	717	720		
M2: Microbuses	Mañana	68	72	67	69	65	68		
	Tarde	130	134	129	131	127	130		
	Noche	90	94	89	91	87	90		
M3: Omnibuses	Mañana	270	274	269	271	267	270		
	Tarde	258	262	257	259	255	258		
	Noche	276	280	275	277	273	276		
N1: Camionetas	Mañana	54	58	53	55	51	54		
	Tarde	86	90	85	87	83	86		
	Noche	56	60	55	57	53	56		
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	74	78	73	75	71	74		
	Tarde	90	94	89	91	87	90		
	Noche	58	62	57	59	55	58		
N3: Carga pesada	Mañana	6	10	5	7	3	6		
	Tarde	8	12	7	9	5	8		
	Noche	4	8	3	5	1	4		
O1: Remolque pequeño	Mañana	18	22	17	19	15	18		
	Tarde	16	20	15	17	13	16		
	Noche	14	18	13	15	11	14		
O2: Remolque mediano	Mañana	4	5	3	5	1	4		
	Tarde	2	3	1	1		1		
	Noche	1		1		2	1		
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana	2	1		3		1		
	Tarde		1	1		1	1		
	Noche	2	5		3	1	2		
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana			1		1	0		
	Tarde	2	3		2	1	2		
	Noche						0		
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0		
	Tarde						0		
	Noche						0		
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							1288		
Observaciones:									

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-18

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL							
UBICACIÓN: I.E. Emblemática Simón Bolívar	COORDENADAS: 176140.227 - 8503451.88						
CÓDIGO: PC-18	PERIODO DE CONTEO: del 08/09/25 al 12/09/25						
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA					
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO
L3: Motocicletas	Mañana	50	49	54	51	47	50
	Tarde	70	75	68	71	66	70
	Noche	48	52	47	50	45	48
M1: Autos	Mañana	504	508	503	505	501	504
	Tarde	520	524	519	521	517	520
	Noche	468	472	467	469	465	468
M2: Microbuses	Mañana	130	134	129	131	127	130
	Tarde	164	168	163	165	161	164
	Noche	90	94	89	91	87	90
M3: Omnibuses	Mañana	262	266	261	263	259	262
	Tarde	272	276	271	273	269	272
	Noche	238	242	237	239	235	238
N1: Camionetas	Mañana	58	62	57	59	55	58
	Tarde	70	74	69	71	67	70
	Noche	64	68	63	65	61	64
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	56	60	55	65	53	58
	Tarde	64	68	63	57	61	63
	Noche	38	38	34	39	42	38
N3: Carga pesada	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O1: Remolque pequeño	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O2: Remolque mediano	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0
	Tarde						0
	Noche						0
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)						1057	
Observaciones:							

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 48

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-19

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL								
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: I.E. Integrada 501100				COORDENADAS: 176169.589 - 8504072.63				
CÓDIGO: PC-19				PERIODO DE CONTEO: del 15/09/25 al 19/09/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PROMEDIO	
L3: Motocicletas	Mañana	66	61	65	72	67	66	
	Tarde	64	68	63	70	65	66	
	Noche	68	63	67	65	69	66	
M1: Autos	Mañana	870	874	867	869	871	870	
	Tarde	952	956	951	949	953	952	
	Noche	856	857	855	853	860	856	
M2: Microbuses	Mañana	84	88	83	81	85	84	
	Tarde	60	64	59	57	61	60	
	Noche	144	148	143	141	145	144	
M3: Omnibuses	Mañana	170	174	169	167	171	170	
	Tarde	224	228	223	221	225	224	
	Noche	172	176	171	169	173	172	
N1: Camionetas	Mañana	82	86	81	79	83	82	
	Tarde	102	106	101	99	103	102	
	Noche	64	68	63	61	65	64	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	58	62	57	55	59	58	
	Tarde	70	74	69	67	71	70	
	Noche	42	46	41	39	43	42	
N3: Carga pesada	Mañana	28	32	27	25	29	28	
	Tarde	24	28	23	21	25	24	
	Noche	46	50	45	43	47	46	
O1: Remolque pequeño	Mañana	48	52	47	45	49	48	
	Tarde	40	44	39	37	41	40	
	Noche	30	34	29	27	31	30	
O2: Remolque mediano	Mañana	10	14	9	7	11	10	
	Tarde	16	20	15	13	17	16	
	Noche	22	26	21	19	23	22	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana	12	13	11	9	16	12	
	Tarde	28	32	31	25	29	29	
	Noche	32	36	27	29	33	31	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana	22	19	23	26	21	22	
	Tarde	18	22	17	15	27	20	
	Noche	26	23	25	30	19	25	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche						0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)							1519	
Observaciones: Vía amplia de 4 carriles, presenta rompe muelles								

Nota. Fuente Elaboración Propia

Tabla 49

Ficha de registro de conteo del flujo vehicular en el PC-20

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL						
RESULTADOS DEL CONTEO DE FLUJO VEHICULAR SEMANAL								
UBICACIÓN: Puesto de Salud Miraflores				COORDENADAS: 175487.61 - 8504753.3				
CÓDIGO: PC-20				PERIODO DE CONTEO: del 15/09/25 al 19/09/25				
TIPO DE VEHÍCULO	TURNO	Nº DE VEHÍCULOS/HORA						PROMEDIO
		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes		
L3: Motocicletas	Mañana	64	63	61	73	68	66	
	Tarde	76	87	65	77	75	76	
	Noche	90	94	80	91	89	89	
M1: Autos	Mañana	1220	1224	1217	1221	1219	1220	
	Tarde	1148	1152	1145	1149	1147	1148	
	Noche	1058	1062	1055	1059	1057	1058	
M2: Microbuses	Mañana	248	252	245	249	247	248	
	Tarde	210	211	207	214	209	210	
	Noche	138	142	135	139	137	138	
M3: Omnibuses	Mañana	236	240	233	237	235	236	
	Tarde	192	196	189	193	191	192	
	Noche	160	164	157	161	159	160	
N1: Camionetas	Mañana	164	168	161	165	163	164	
	Tarde	126	130	123	127	125	126	
	Noche	122	126	119	123	121	122	
N2: Furgonetas/camiones	Mañana	66	70	63	67	65	66	
	Tarde	86	90	83	87	85	86	
	Noche	72	76	69	73	71	72	
N3: Carga pesada	Mañana	32	36	29	33	31	32	
	Tarde	28	32	25	29	27	28	
	Noche	24	28	21	25	23	24	
O1: Remolque pequeño	Mañana	28	32	25	29	27	28	
	Tarde	46	50	43	47	45	46	
	Noche	22	21	19	23	26	22	
O2: Remolque mediano	Mañana	12	16	9	13	11	12	
	Tarde	8	12	5	9	7	8	
	Noche	12	16	9	13	11	12	
O3: Remolque/semiremolque grande	Mañana	10	14	7	11	9	10	
	Tarde	14	18	11	15	13	14	
	Noche	18	22	15	19	17	18	
O4: Remolque/semiremolque pesado	Mañana	16	20	13	17	15	16	
	Tarde	14	16	9	15	5	12	
	Noche	8	12	7	11	13	10	
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados	Mañana						0	
	Tarde						0	
	Noche	1			1		0	
TOTAL (VEHÍCULOS/HORA)								1925
Observaciones: Vía amplia de 4 carriles, presencia de rompe muelles								

Nota. Fuente Elaboración Propia

5.5. Análisis estadístico para determinar el flujo vehicular

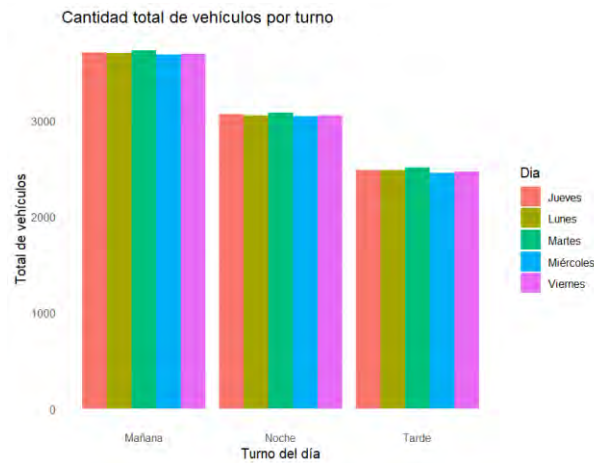
5.5.1. Gráficos de representación estadística

Punto de control PC-1

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 64

Cantidad de vehículos por turno en el PC-1

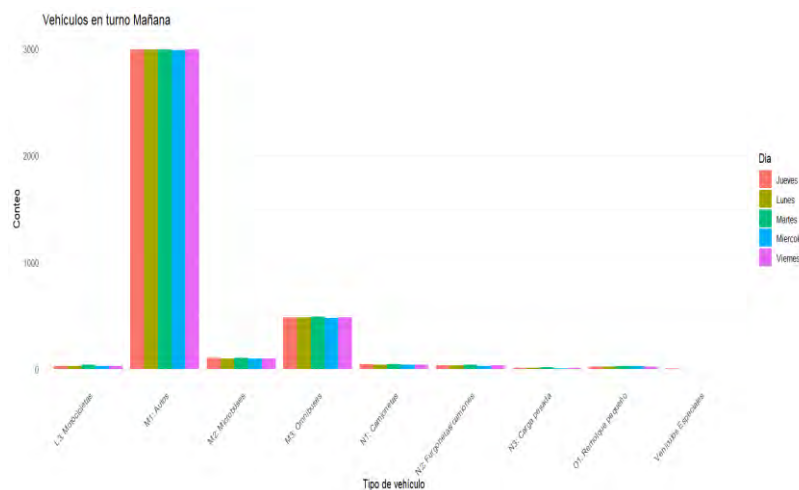


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 65

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-1

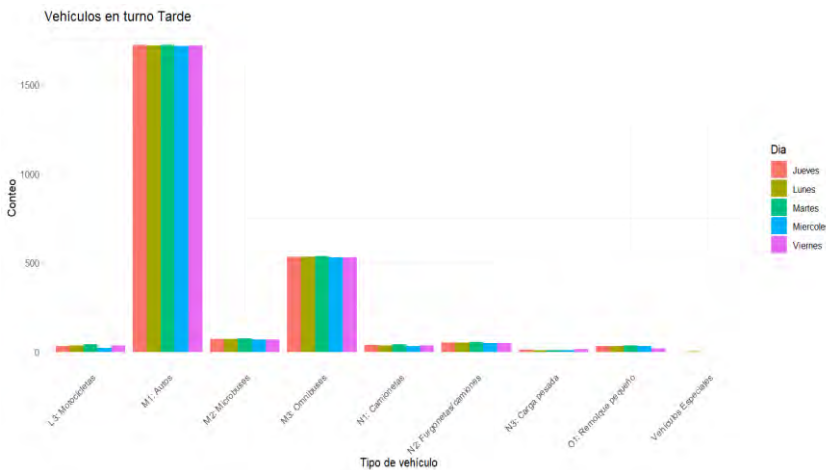


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 66

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-1

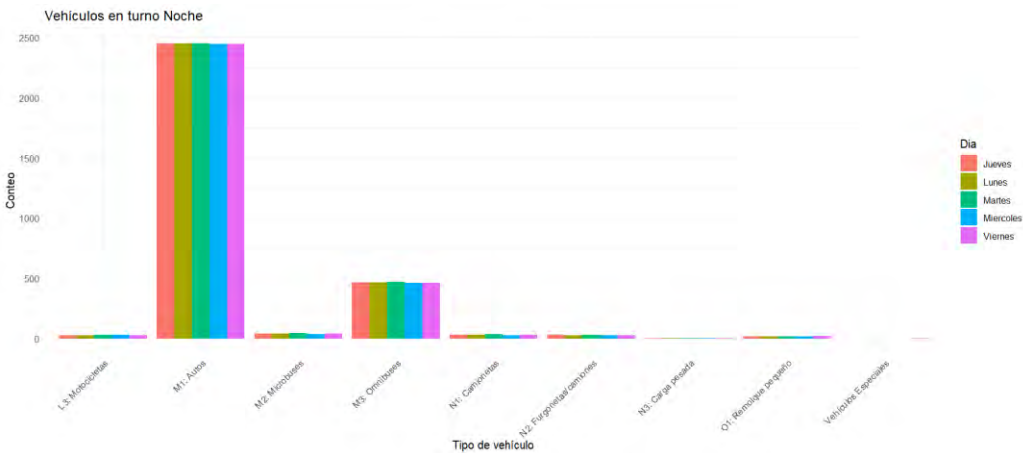


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 67

Cantidad de vehículos por la noche del PC-1



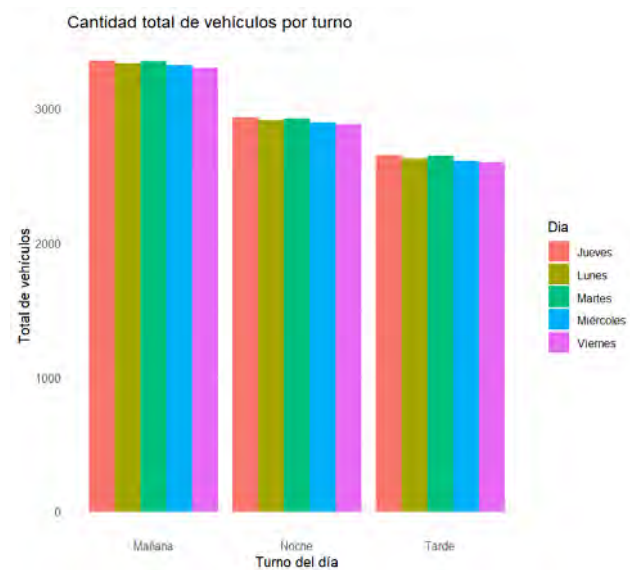
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-2

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 68

Cantidad de vehículos por turno en el PC-2

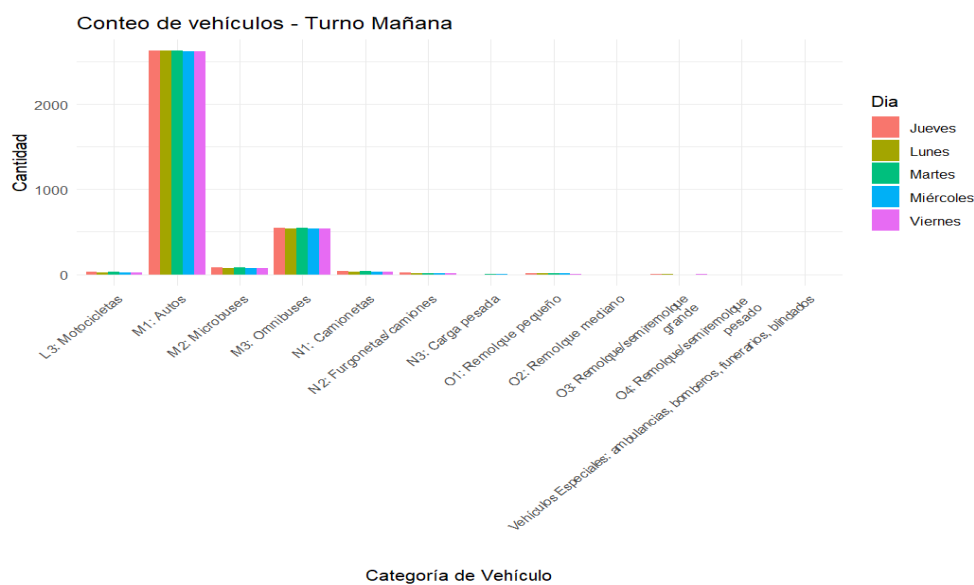


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 69

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-2

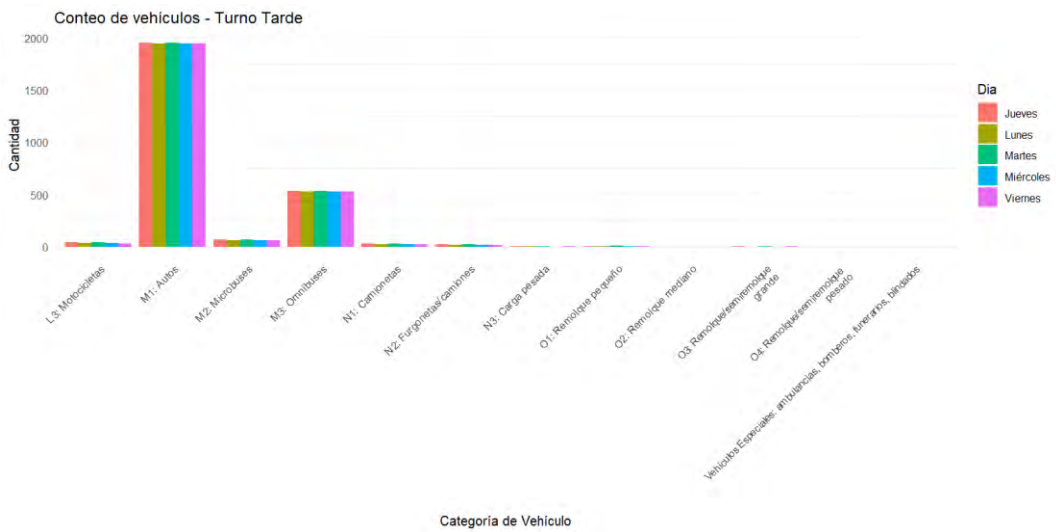


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 70

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-2

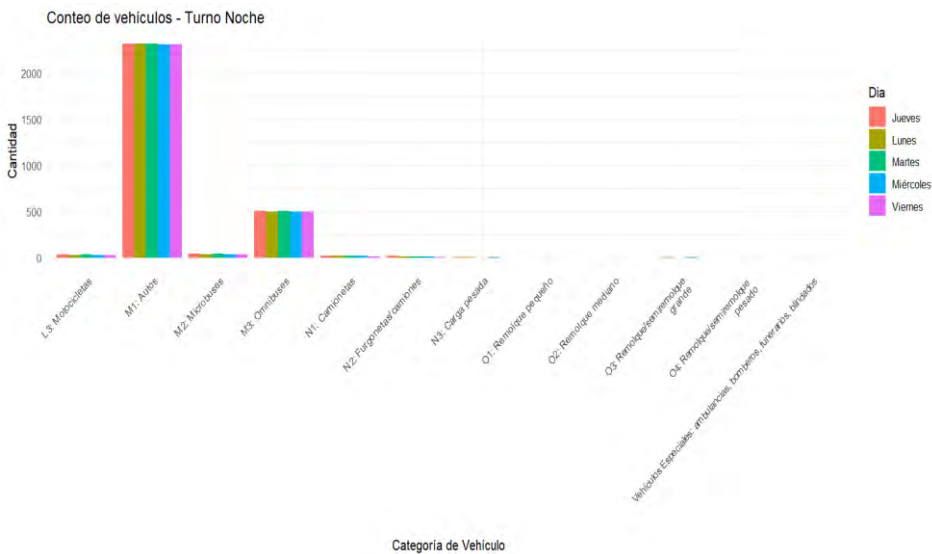


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 71

Cantidad de vehículos por la noche del PC-2



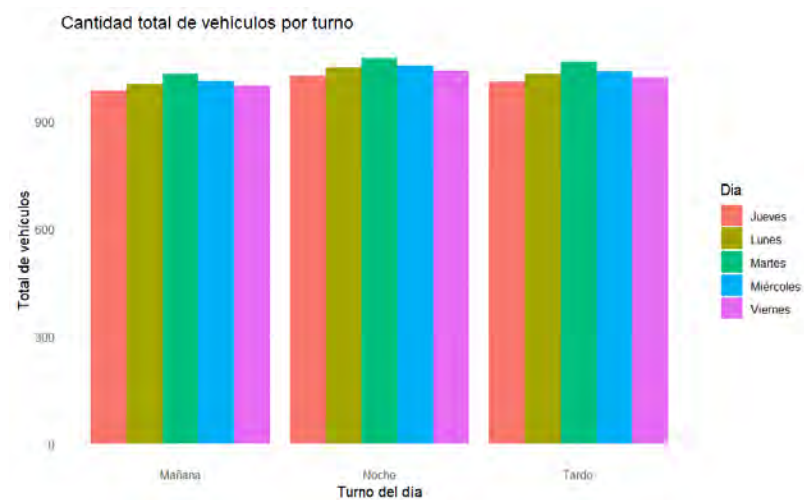
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-3

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 72

Cantidad de vehículos por turno en el PC-3

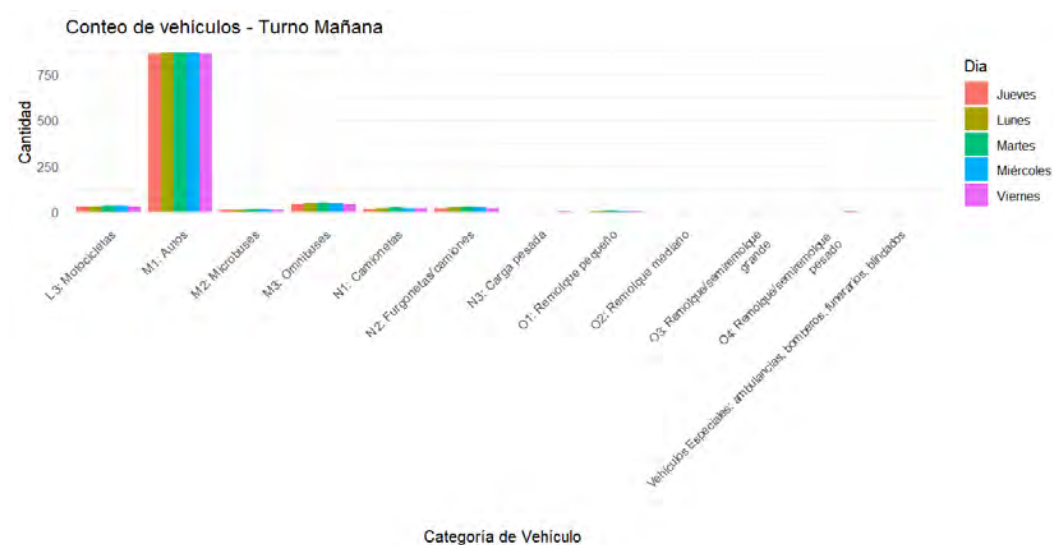


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 73

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-3

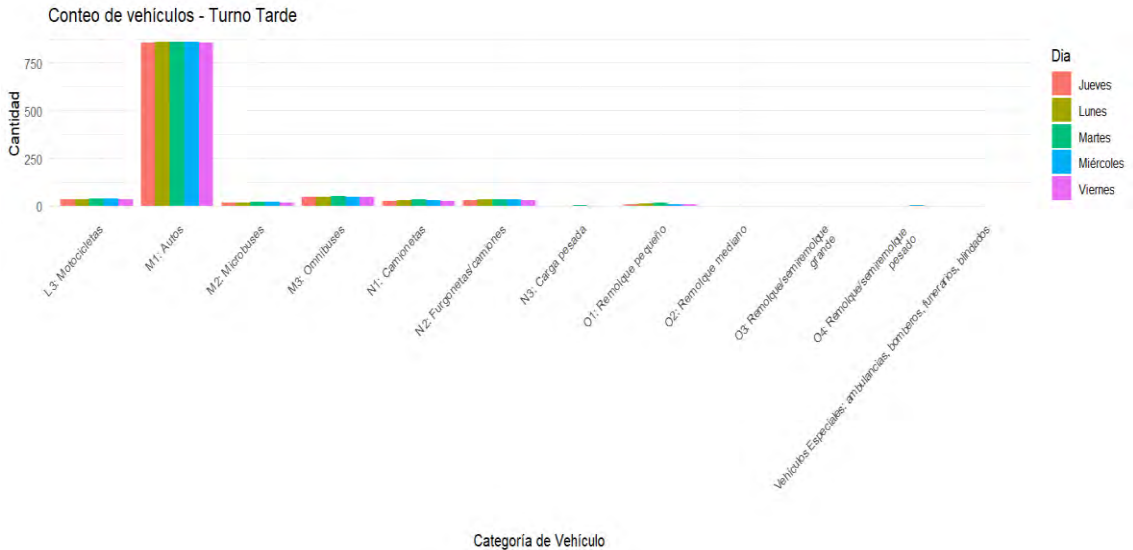


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 74

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-2

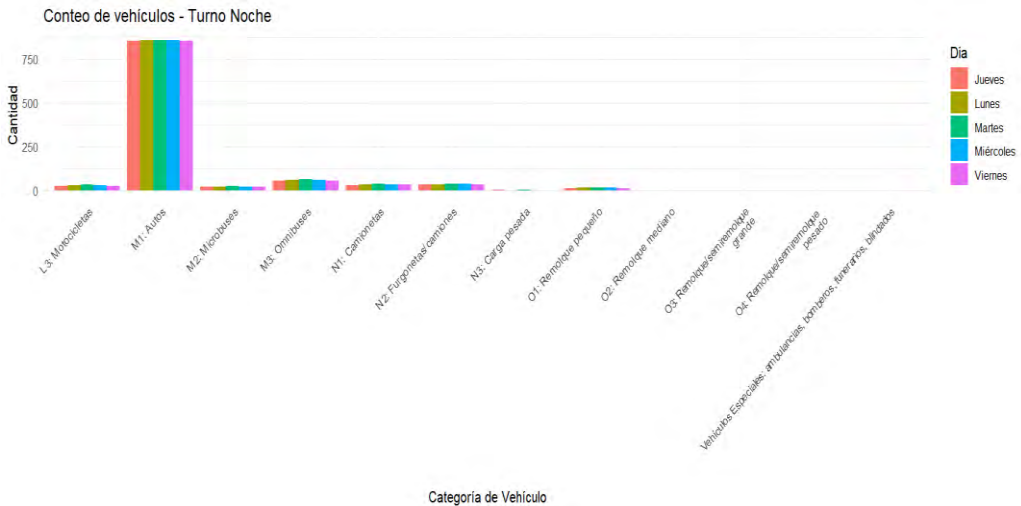


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 75

Cantidad de vehículos por la noche del PC-2



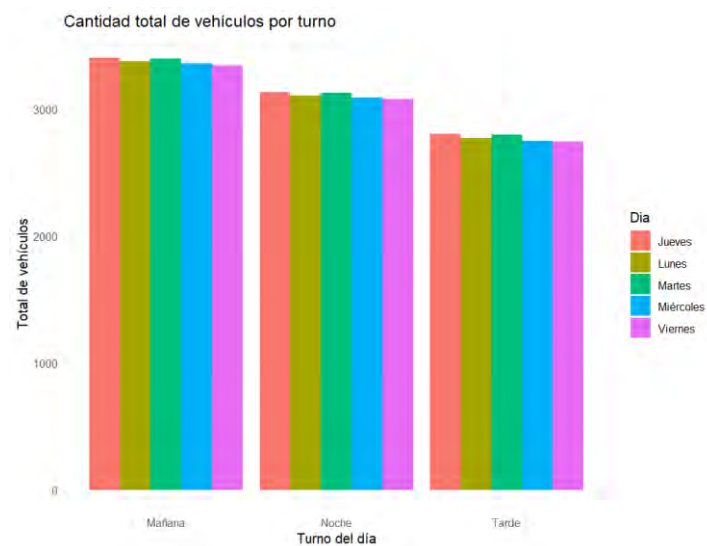
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-4

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 76

Cantidad de vehículos por turno en el PC-4

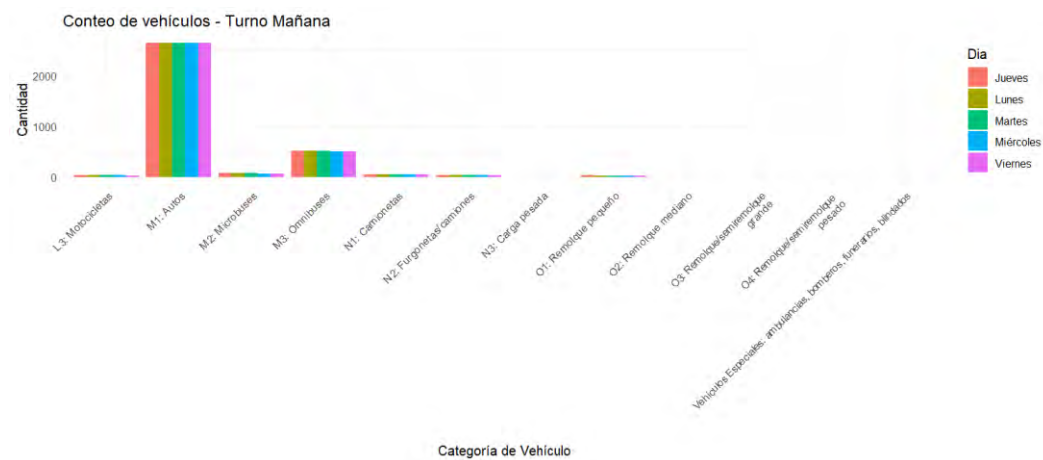


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 77

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-4

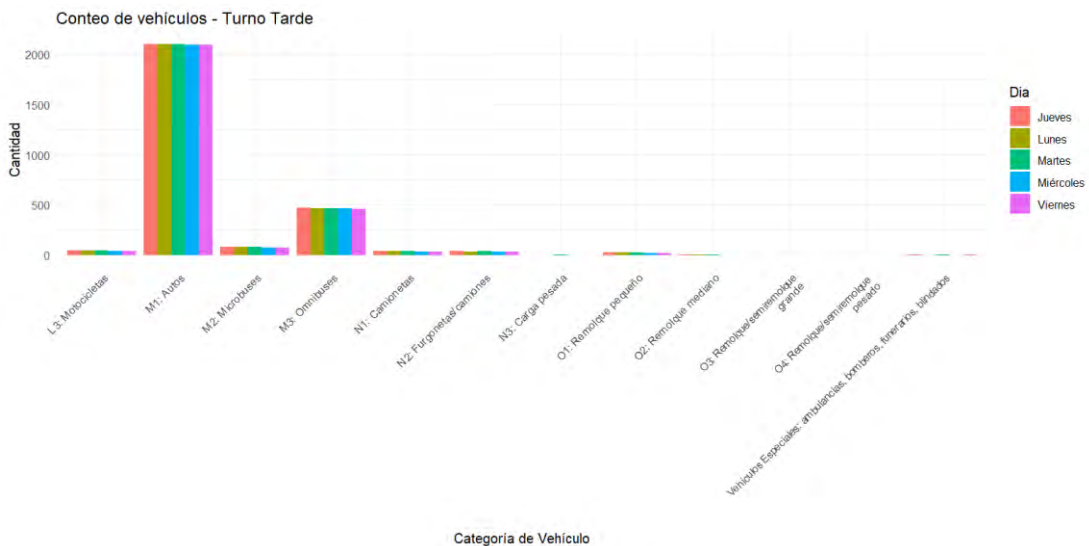


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 78

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-4

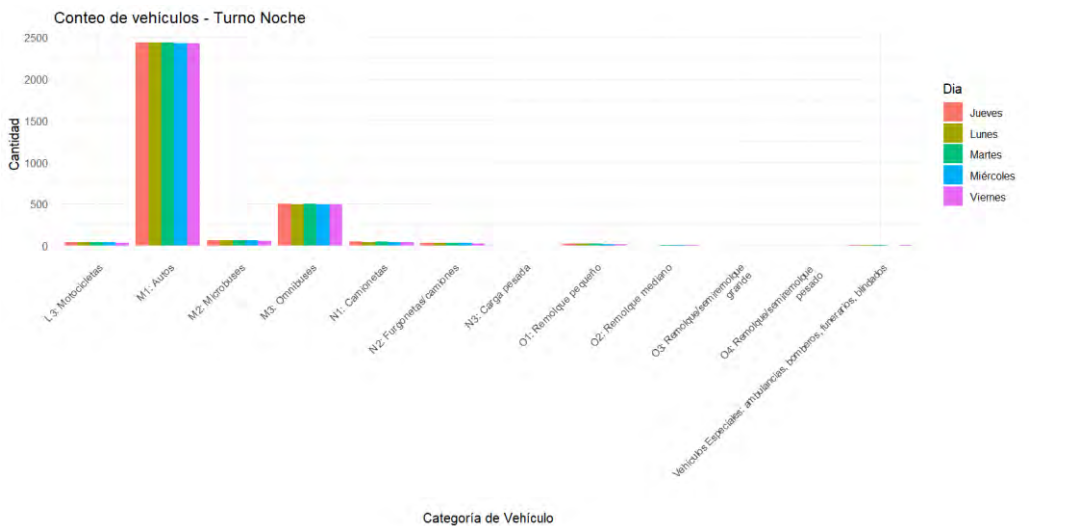


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 79

Cantidad de vehículos por la noche del PC-4



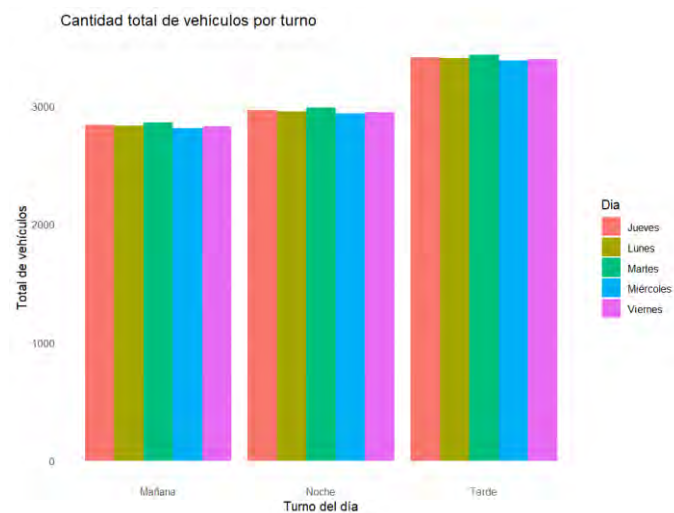
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-5

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 80

Cantidad de vehículos por turno en el PC-5

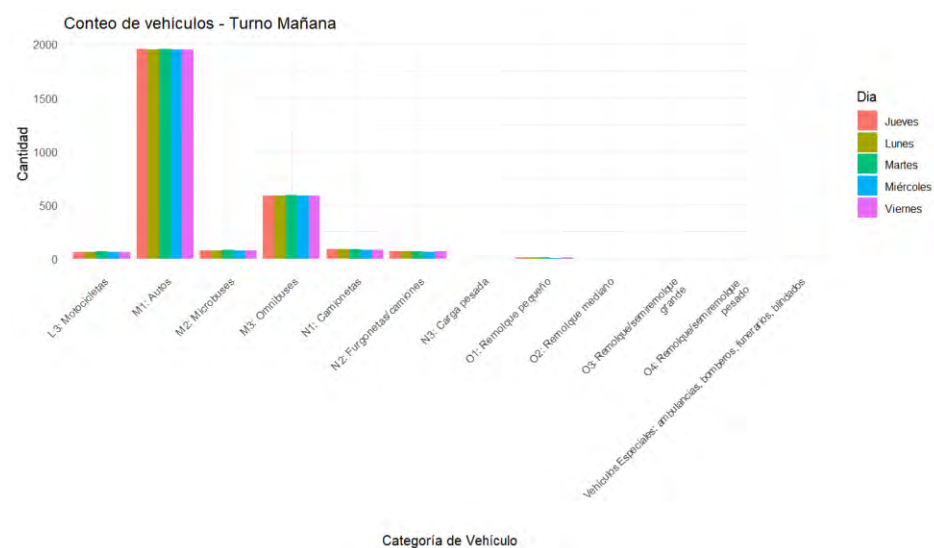


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 81

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-5

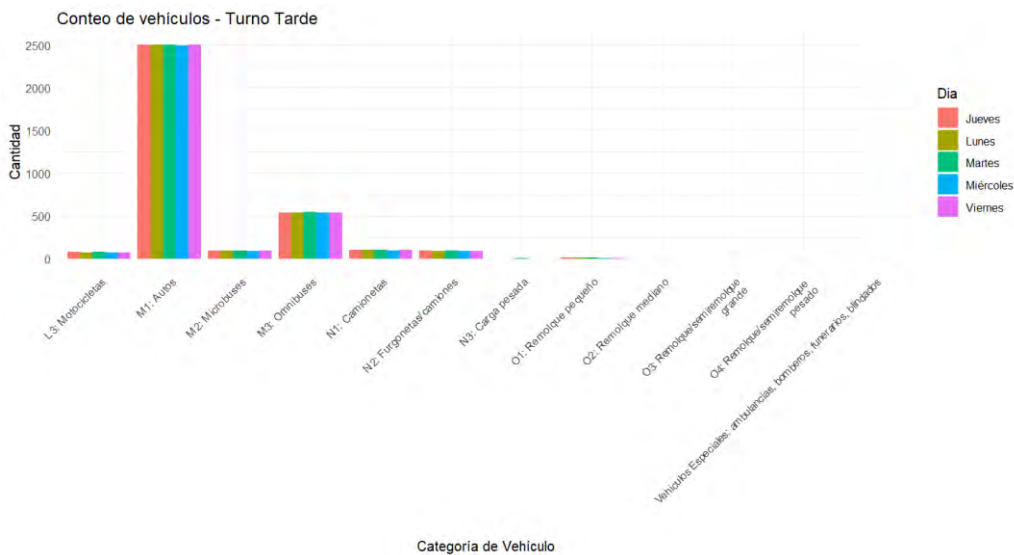


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 82

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-5

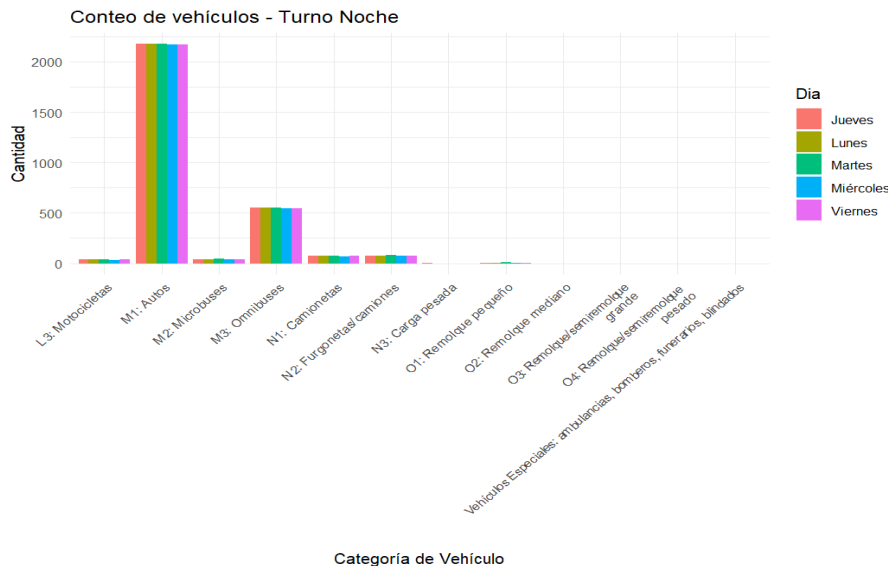


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 83

Cantidad de vehículos por la noche del PC-5



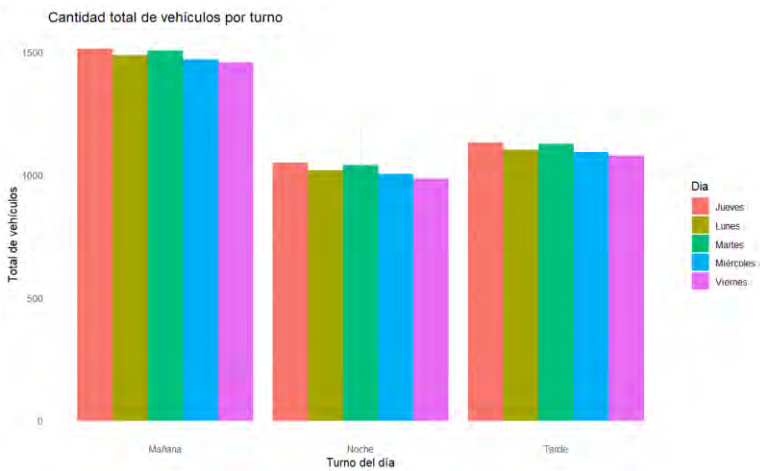
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-6

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 84

Cantidad de vehículos por turno en el PC-6

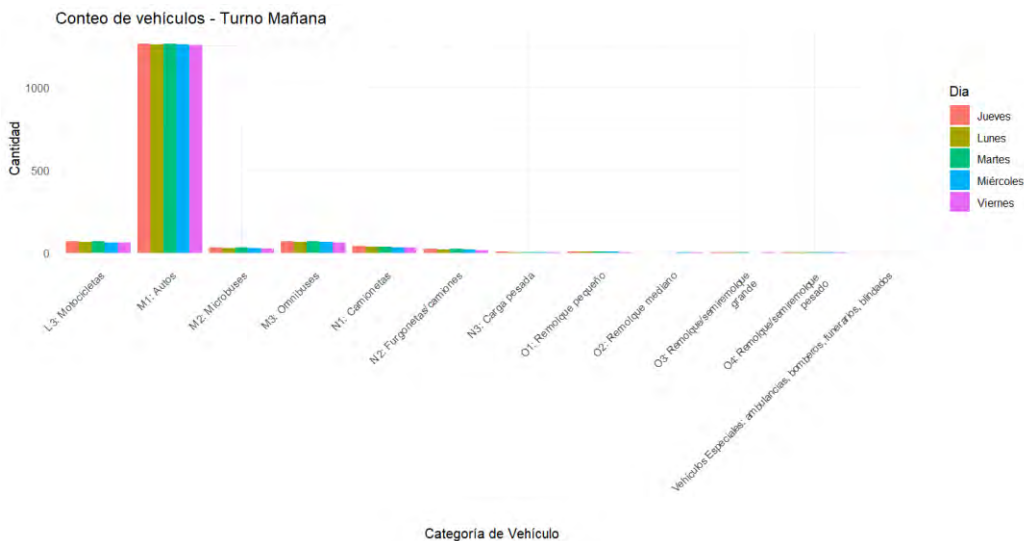


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 85

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-6

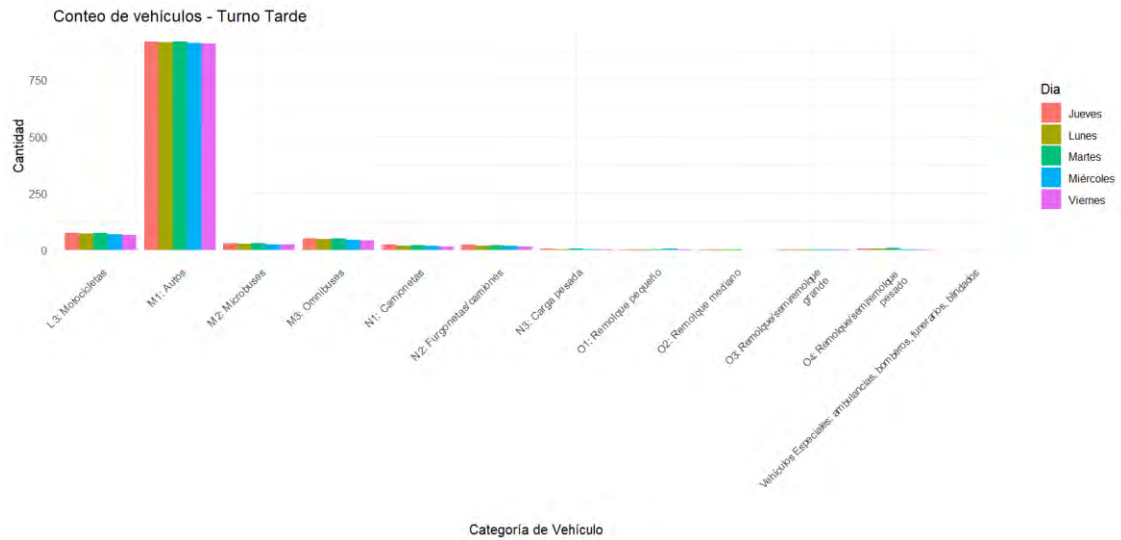


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 86

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-6

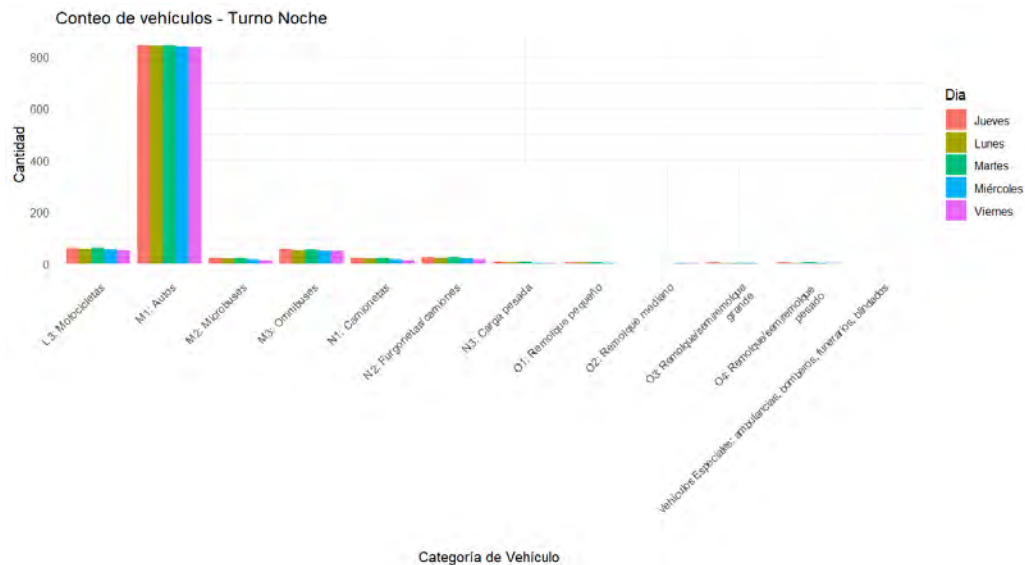


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 87

Cantidad de vehículos por la noche del PC-6



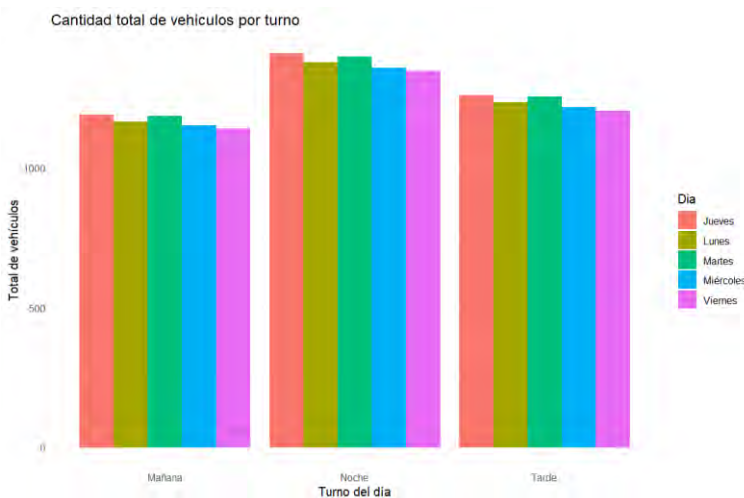
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-7

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 88

Cantidad de vehículos por turno en el PC-7

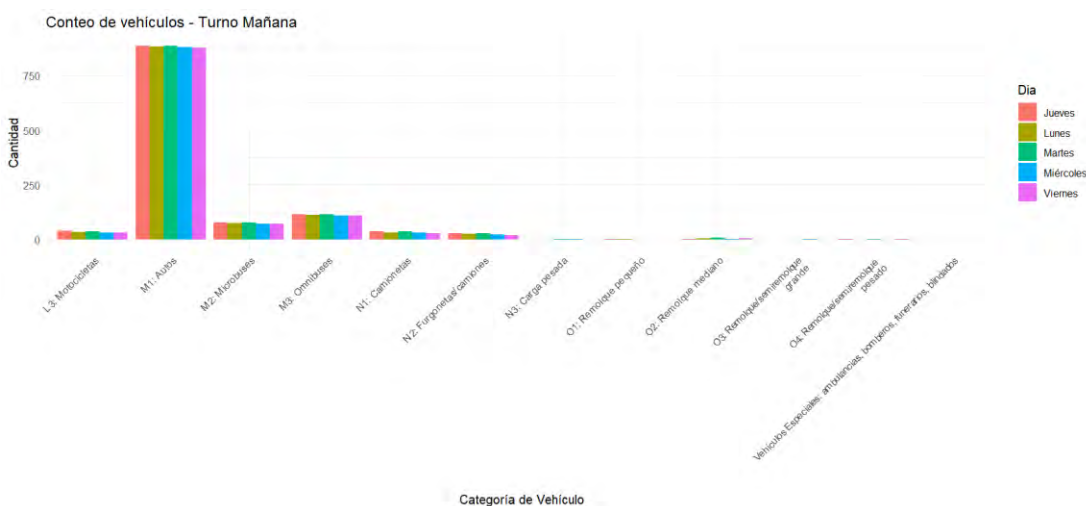


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 89

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-7

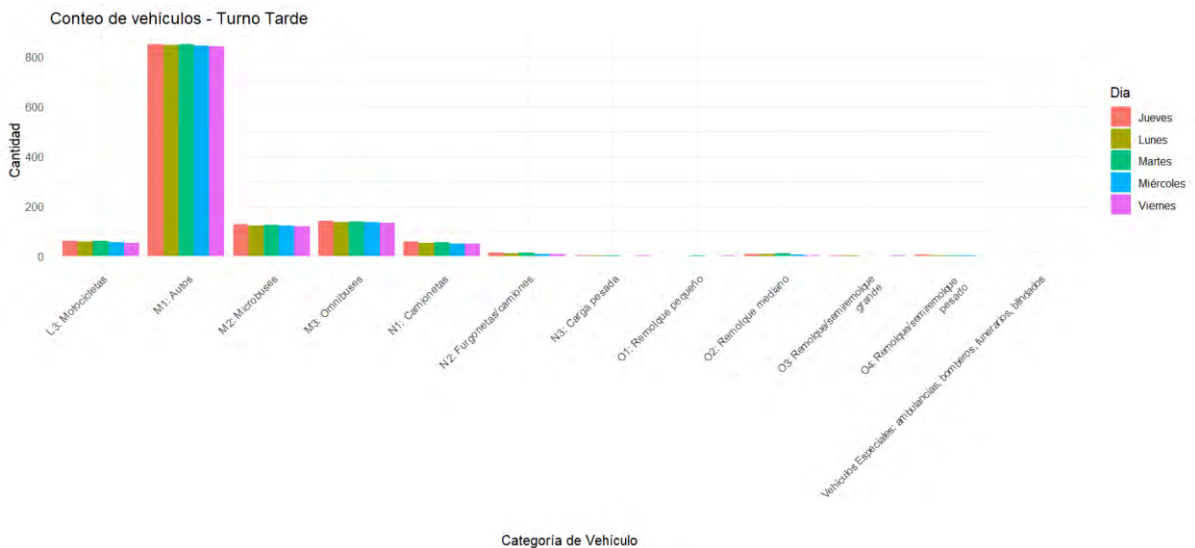


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 90

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-7

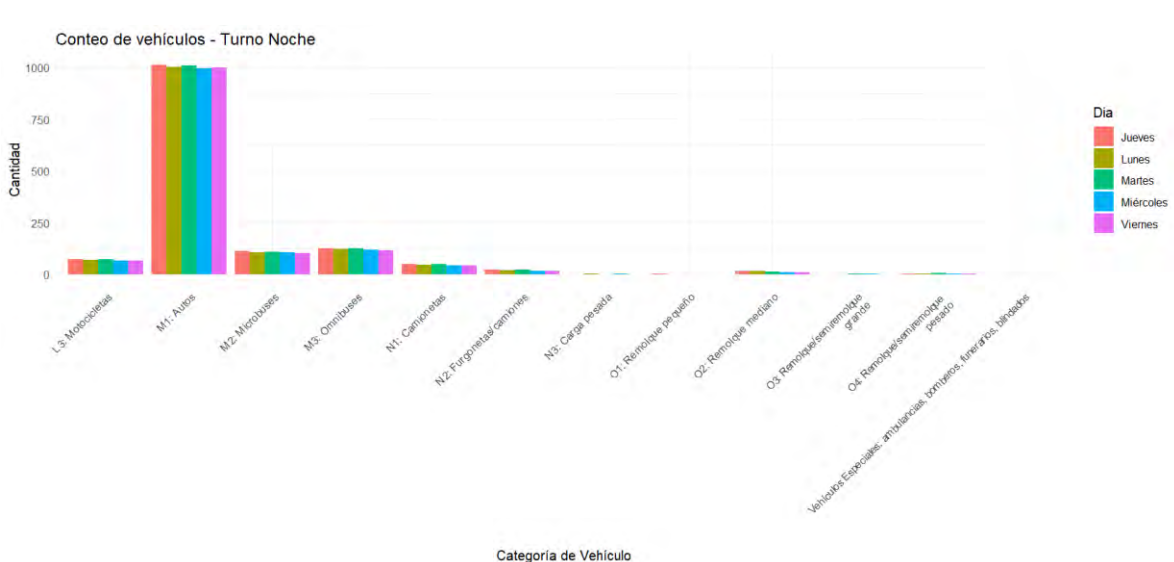


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 91

Cantidad de vehículos por la noche del PC-7



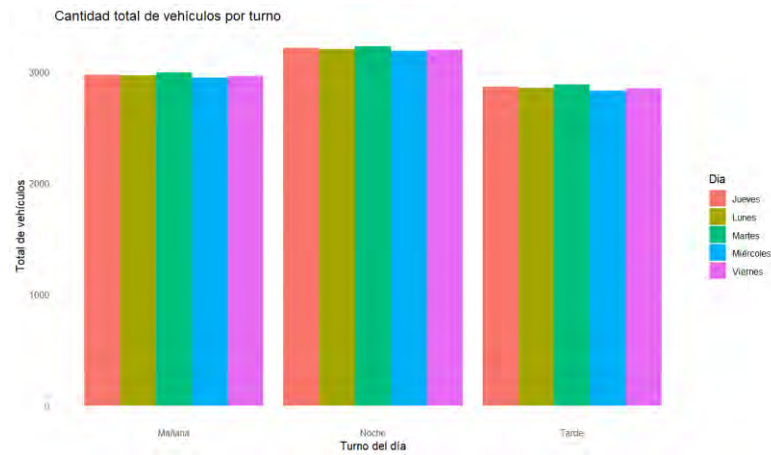
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-8

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 92

Cantidad de vehículos por turno en el PC-8

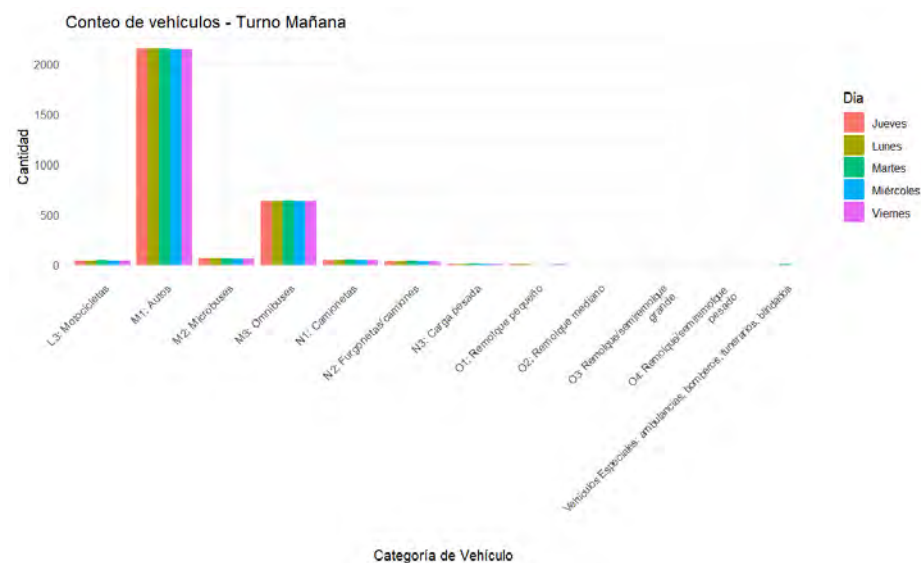


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 93

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-8

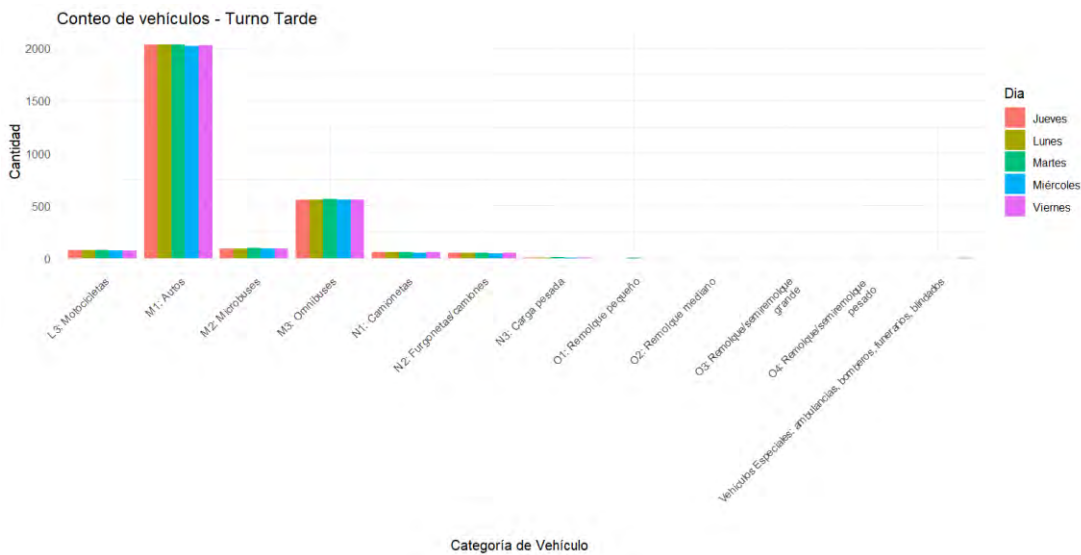


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 94

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-8

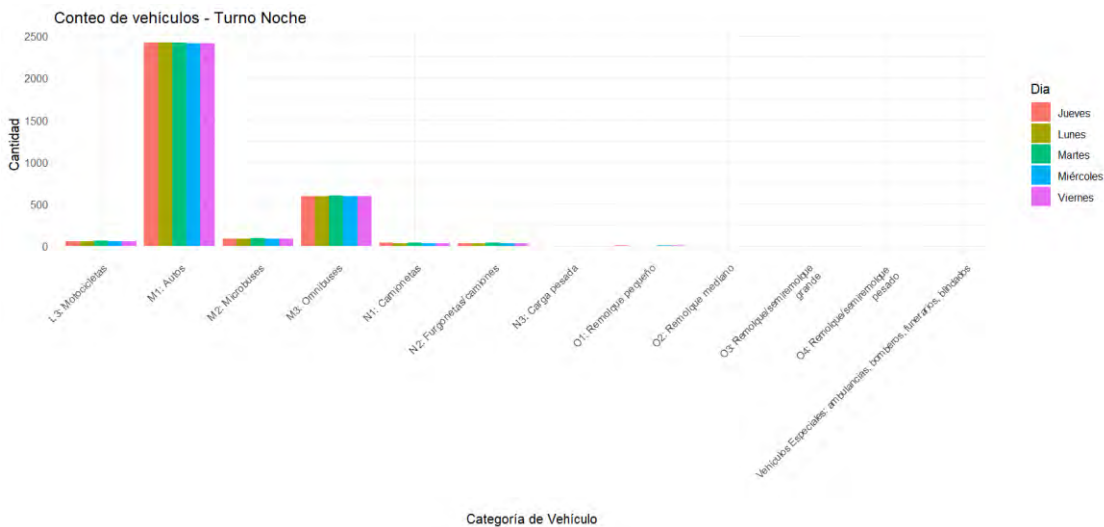


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 95

Cantidad de vehículos por la noche del PC-8



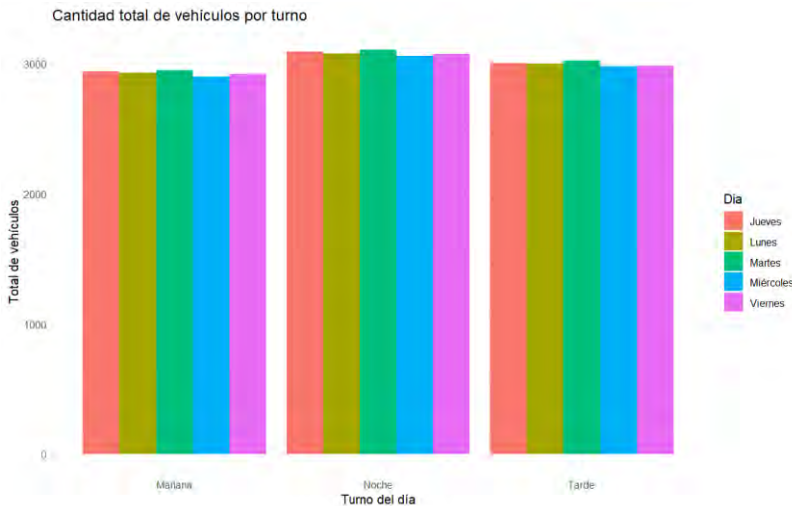
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-9

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 96

Cantidad de vehículos por turno en el PC-9

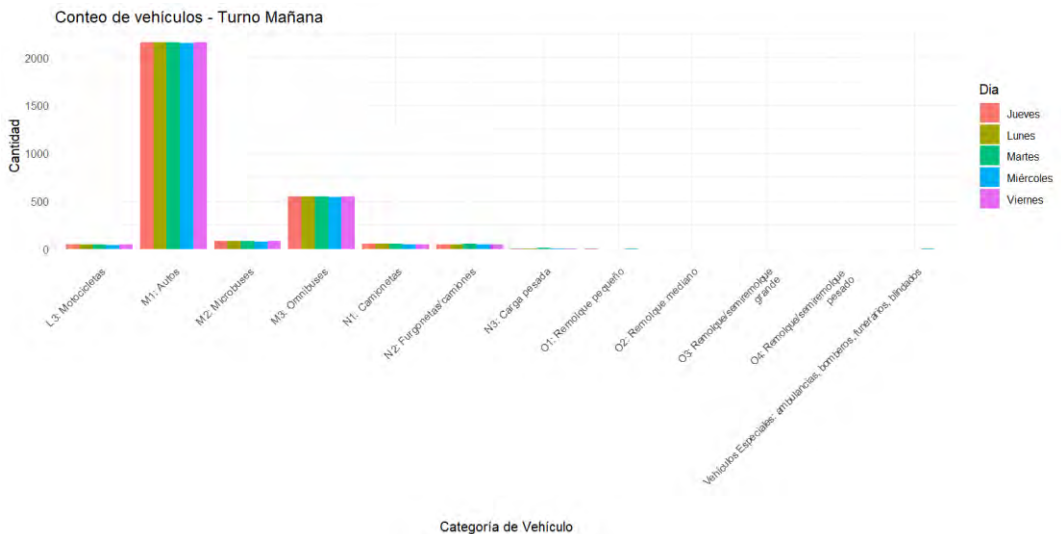


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 97

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-9

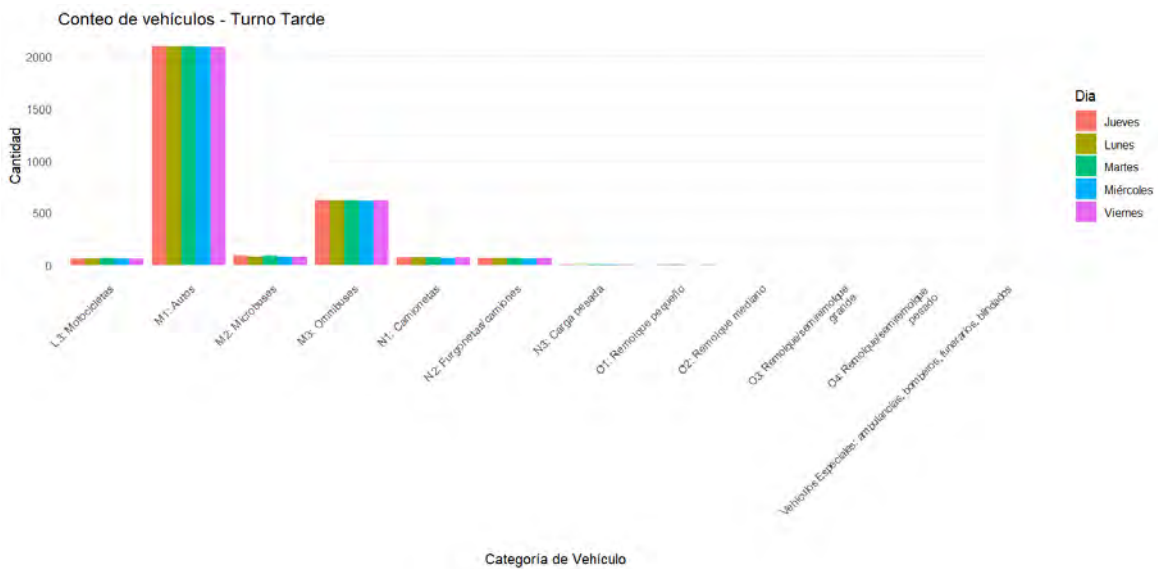


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 98

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-9

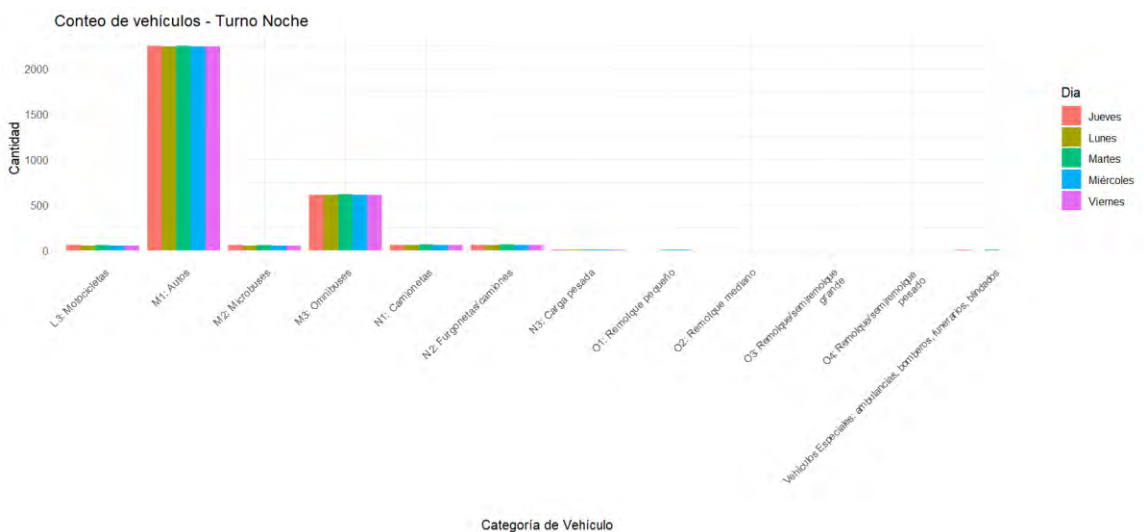


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 99

Cantidad de vehículos por la noche del PC-9



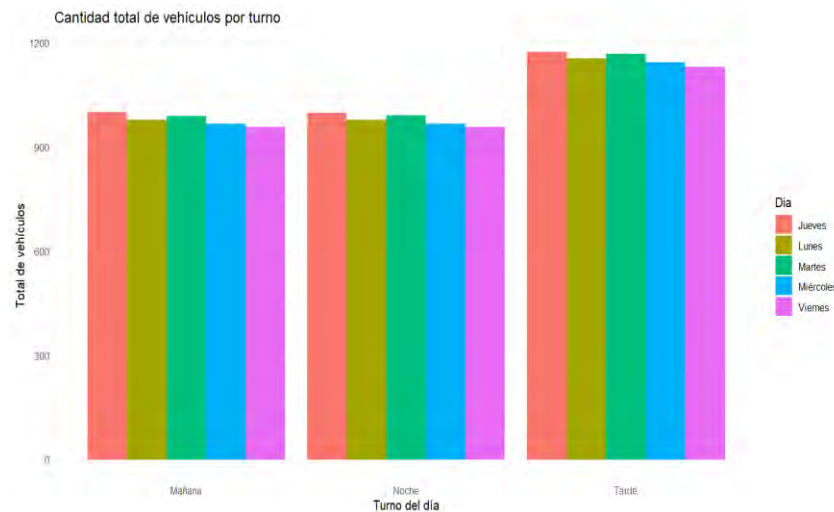
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-10

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 100

Cantidad de vehículos por turno en el PC-10

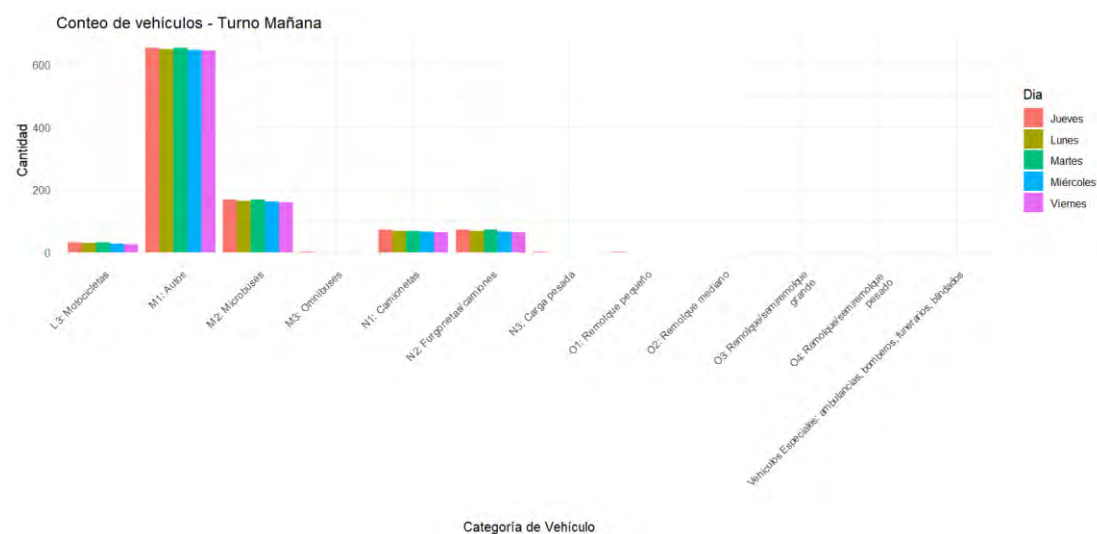


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana

Figura 101

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-10

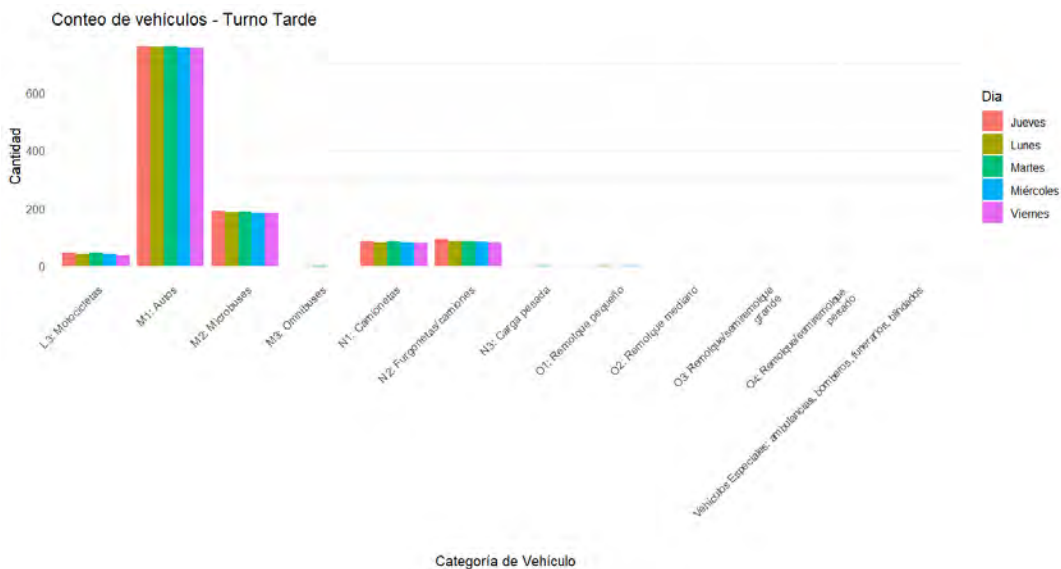


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 102

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-10

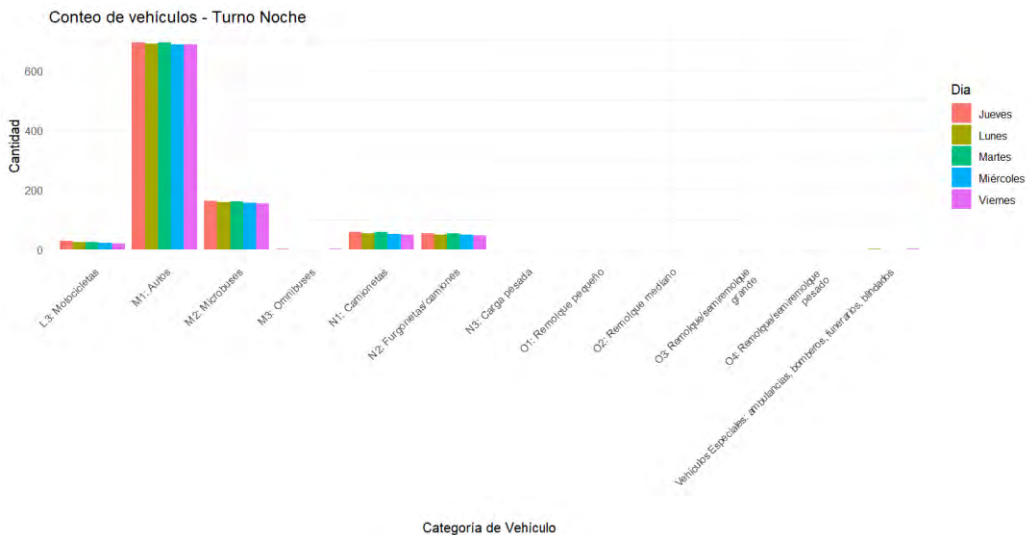


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 103

Cantidad de vehículos por la noche del PC-10



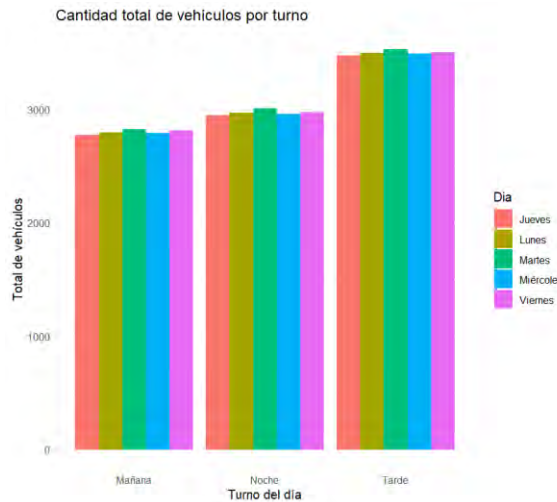
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-11

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 104

Cantidad de vehículos por turno en el PC-11

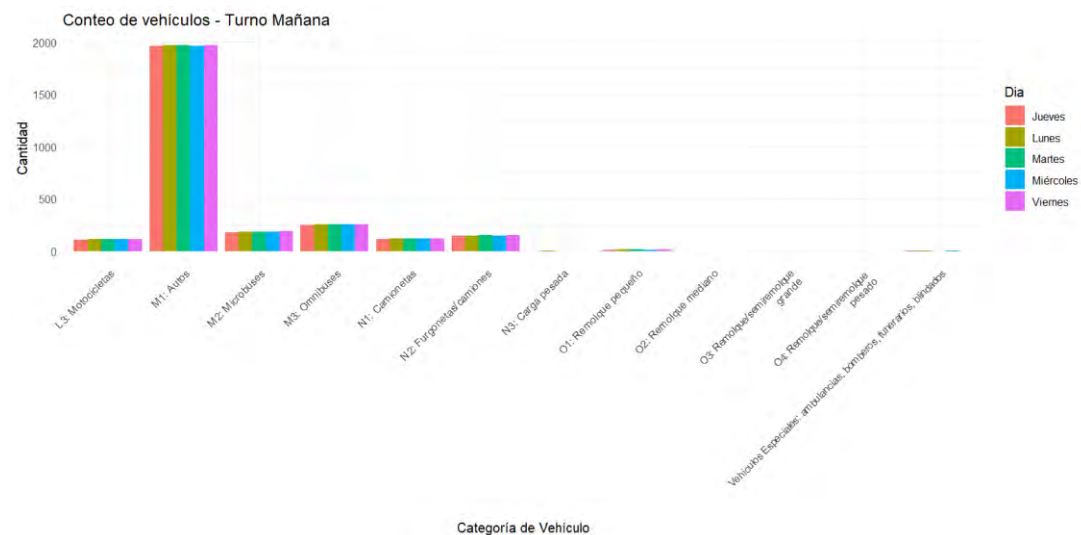


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 105

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-11

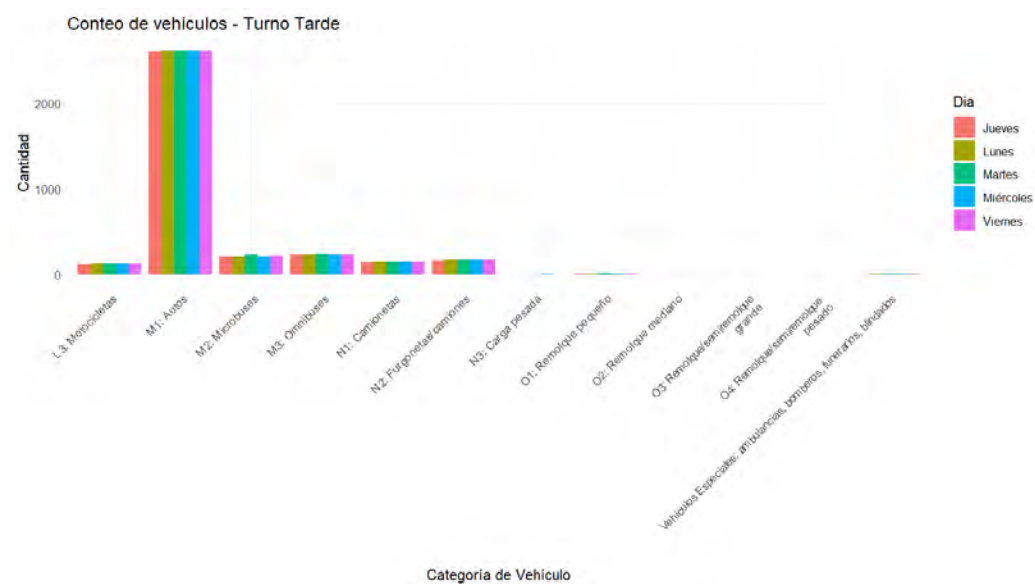


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde

Figura 106

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-11

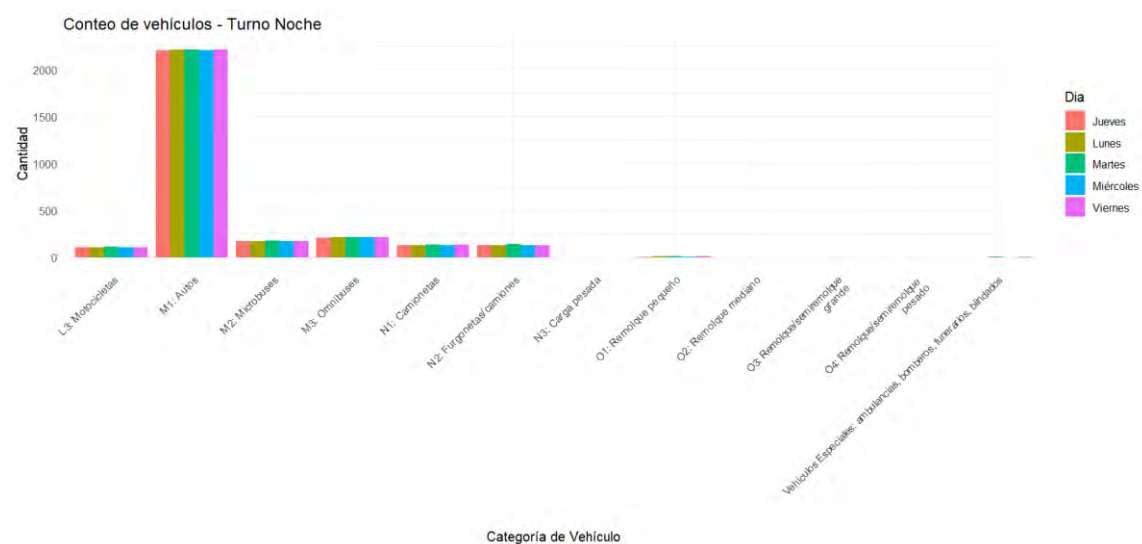


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 107

Cantidad de vehículos por la noche del PC-11



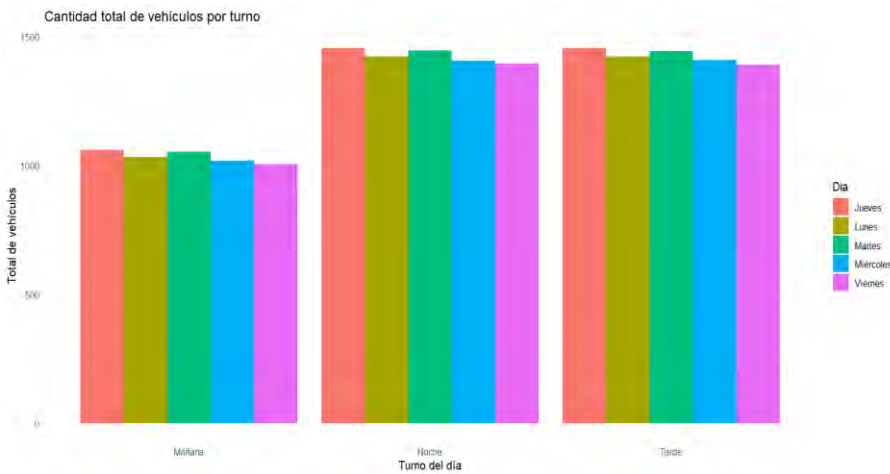
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-12

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 108

Cantidad de vehículos por turno en el PC-12

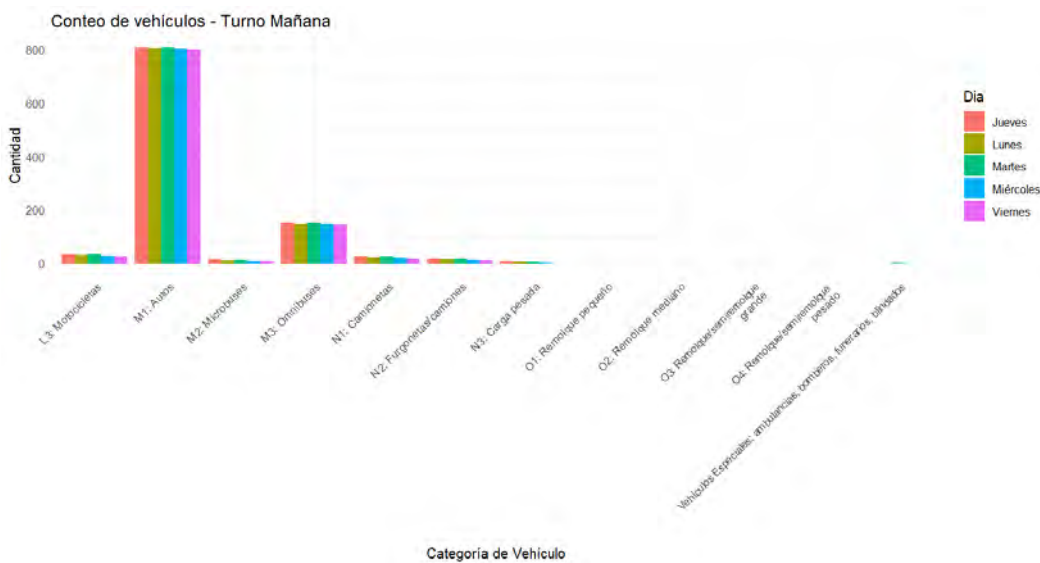


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 109

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-12

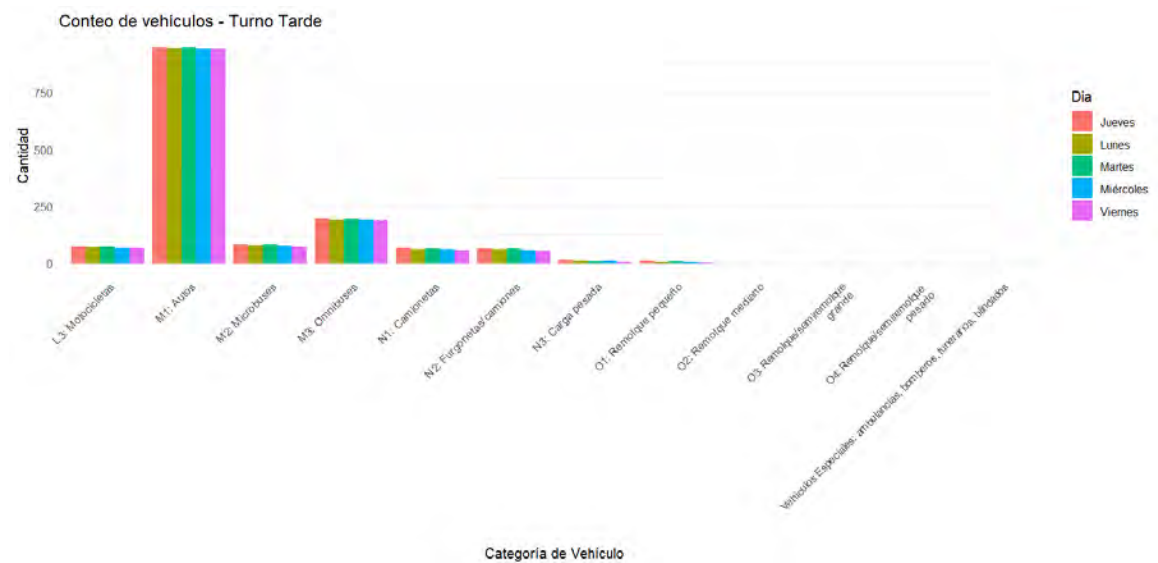


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 110

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-12

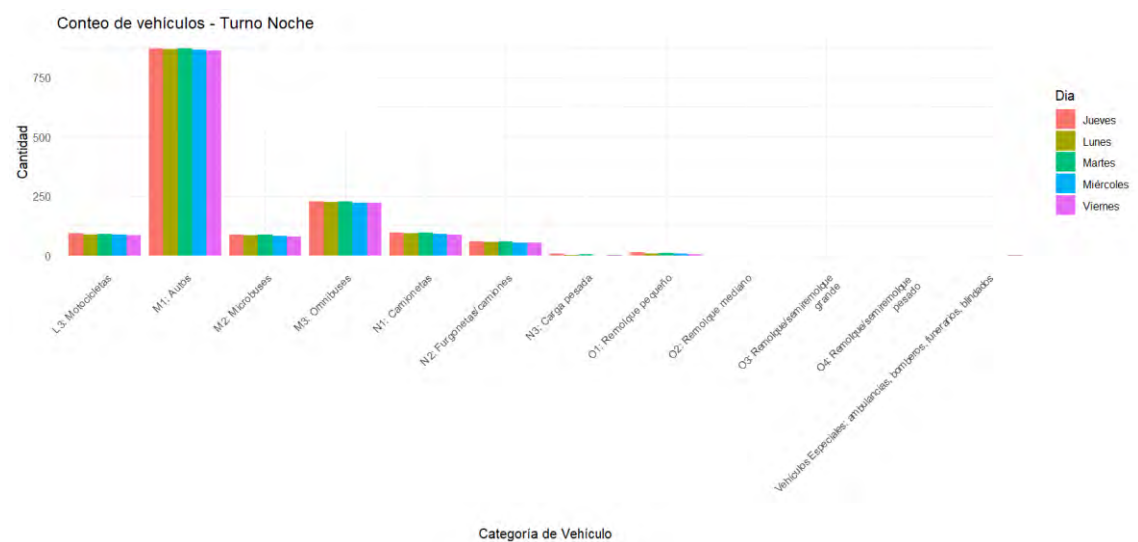


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 111

Cantidad de vehículos por la noche del PC-12



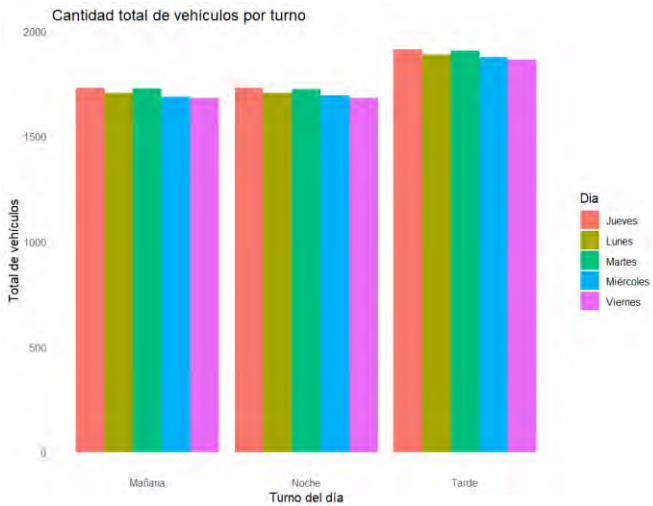
Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Punto de control PC-13

Figura 112

Cantidad de vehículos por turno en el PC-13

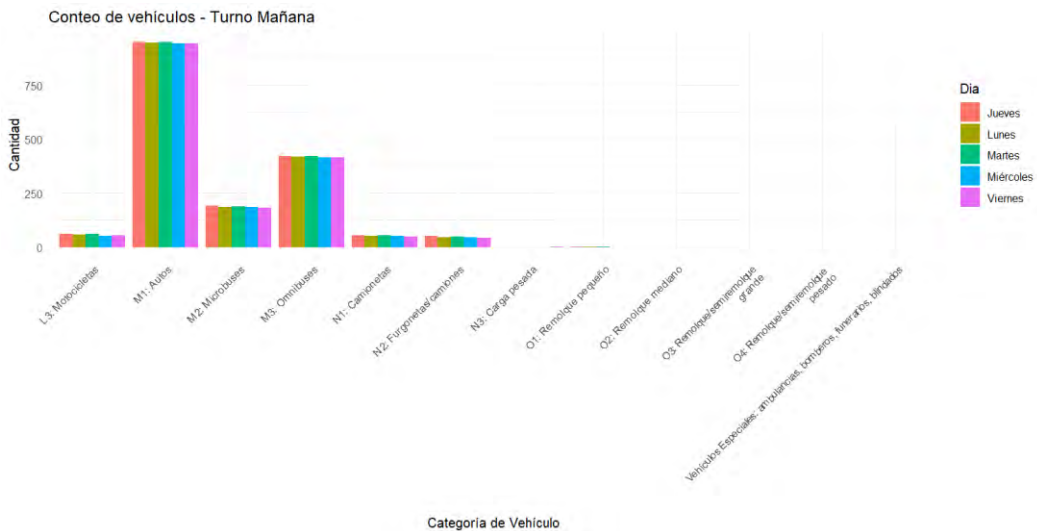


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 113

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-13

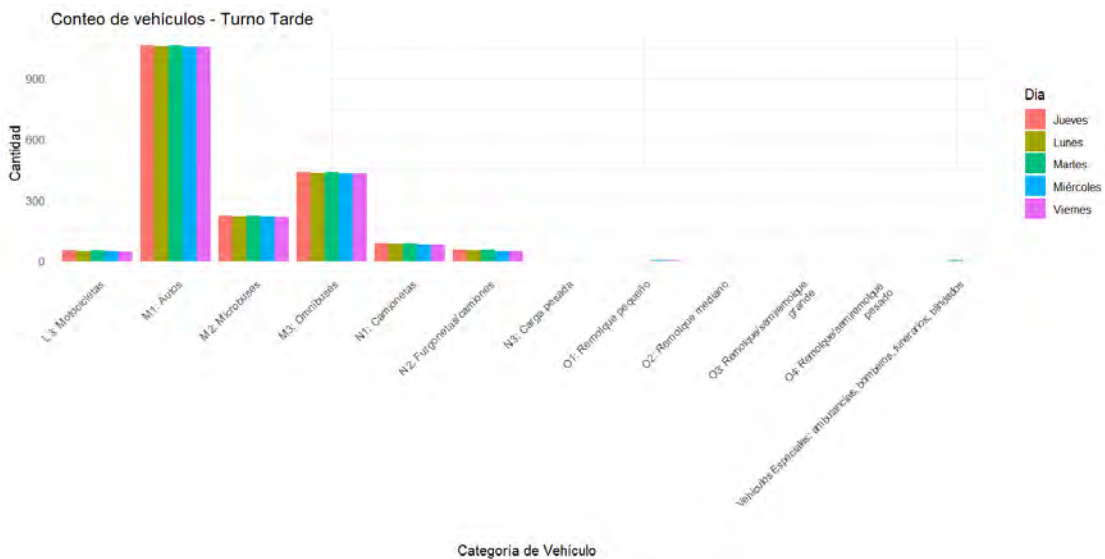


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 114

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-13

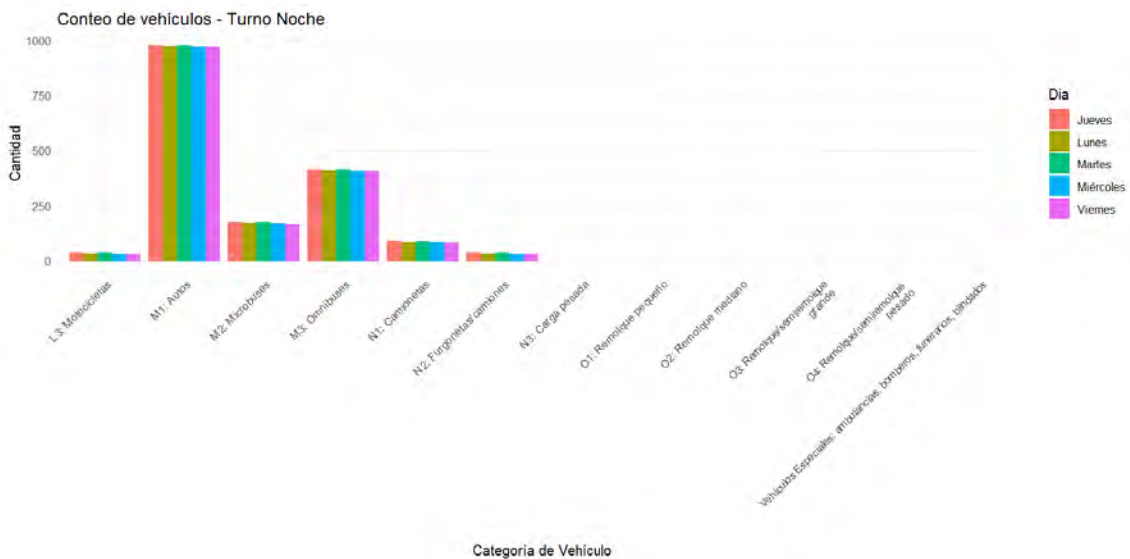


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 115

Cantidad de vehículos por la noche del PC-13



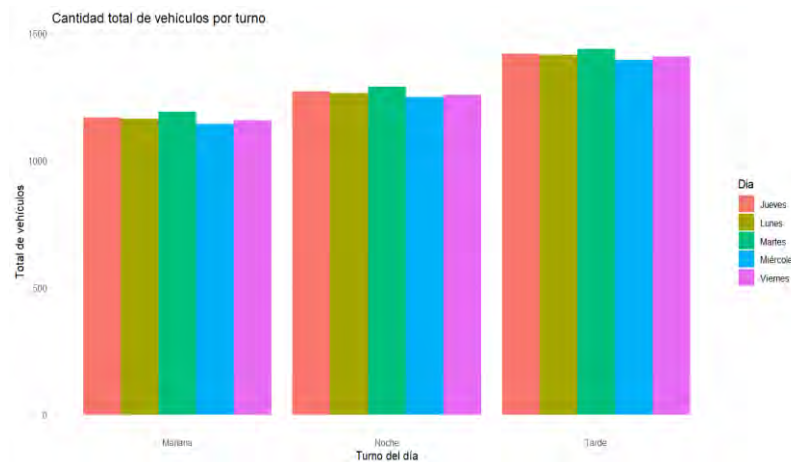
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-14

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 116

Cantidad de vehículos por turno en el PC-14

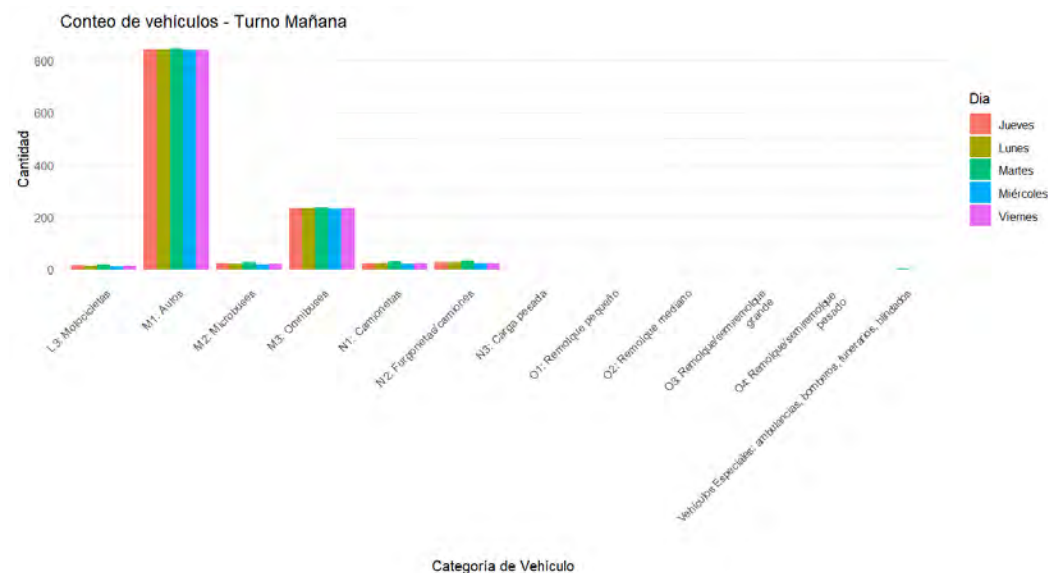


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 117

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-14

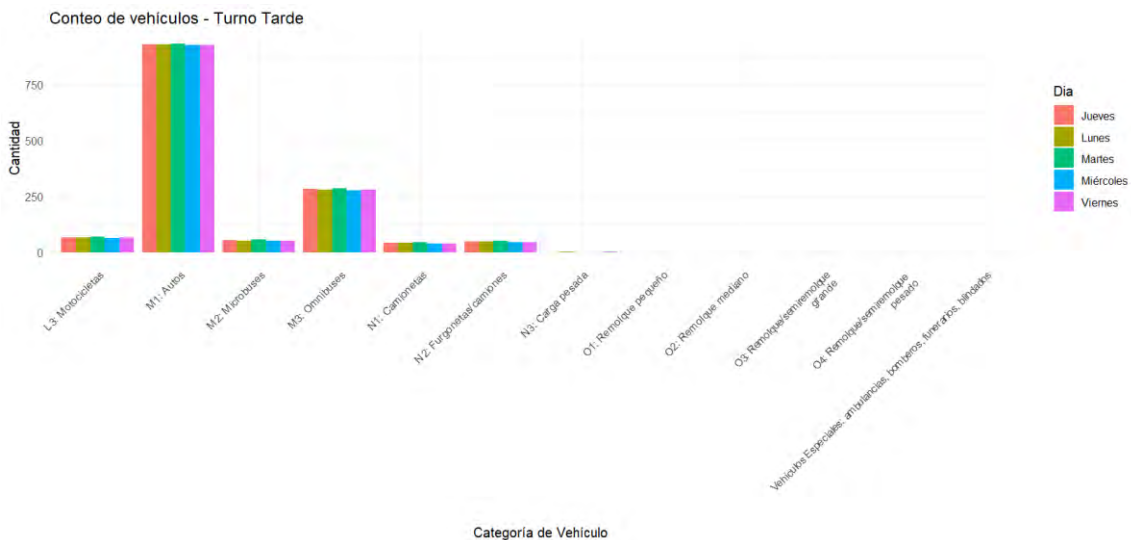


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 118

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-14

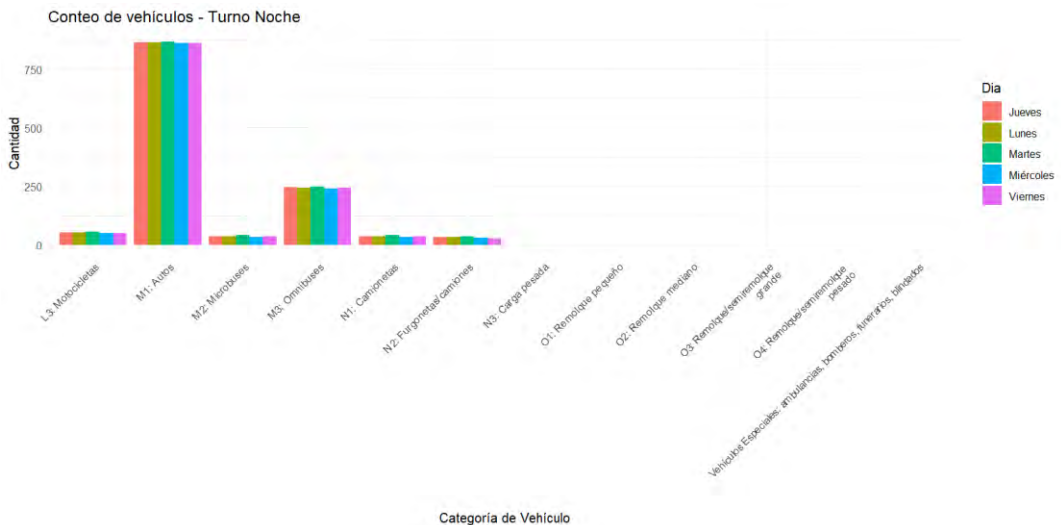


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 119

Cantidad de vehículos por la noche del PC-14



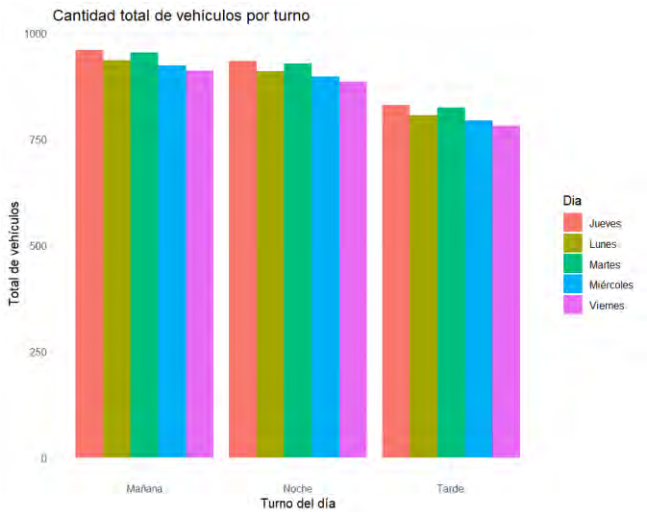
Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Punto de control PC-15

Figura 120

Cantidad de vehículos por turno en el PC-15

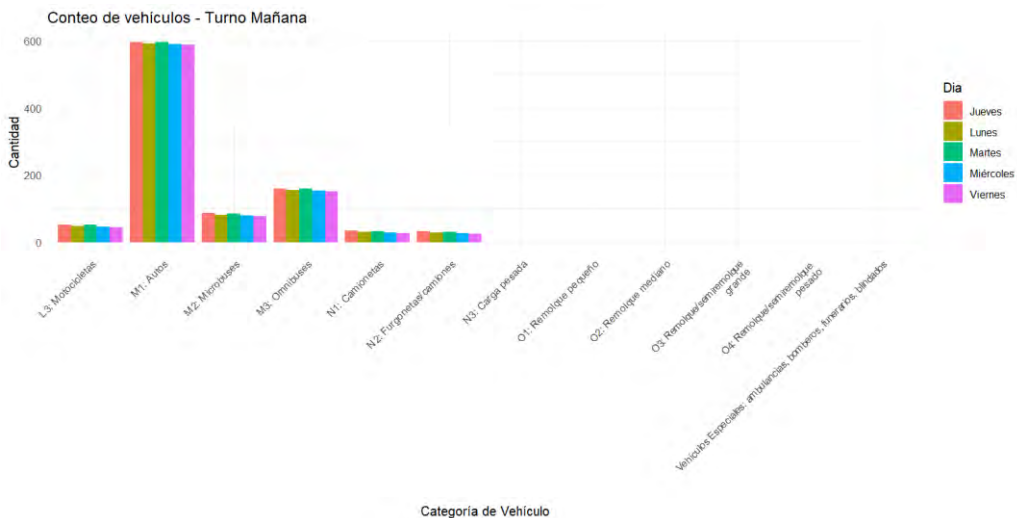


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 121

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-15

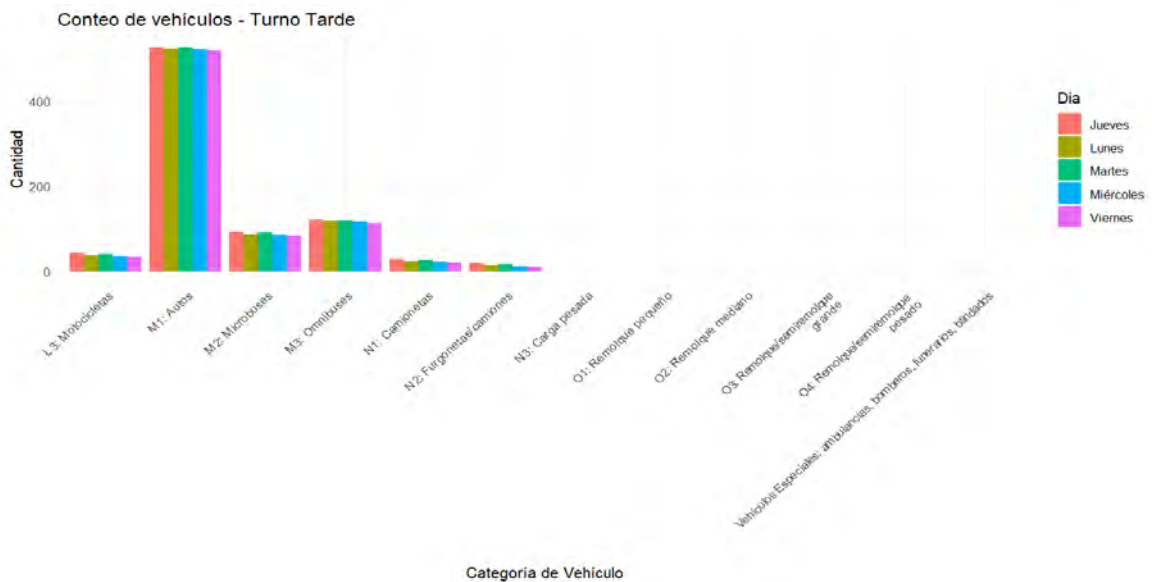


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 122

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-15

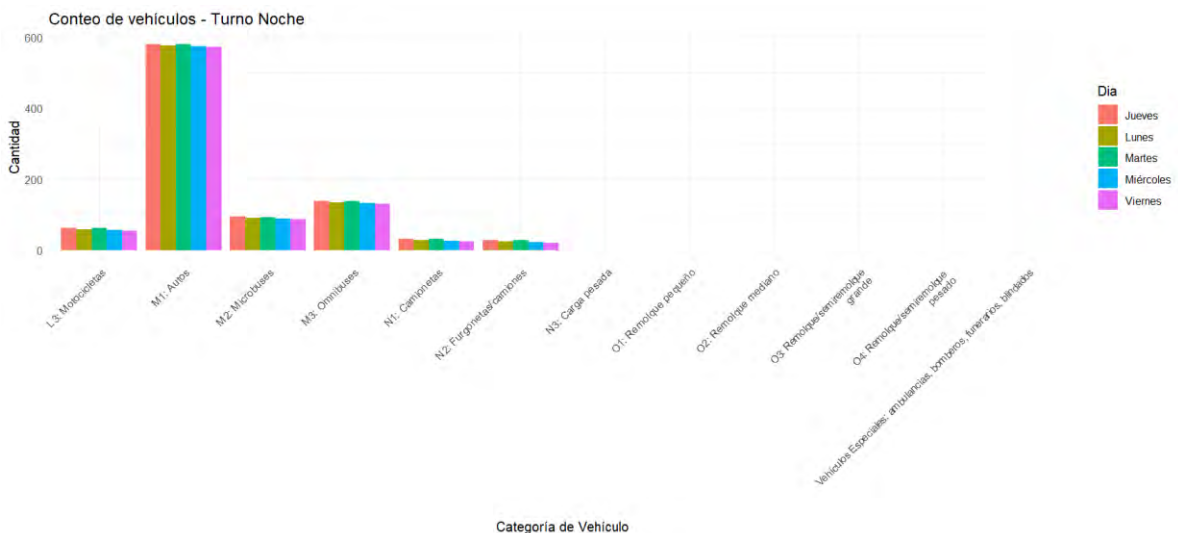


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 123

Cantidad de vehículos por la noche del PC-15



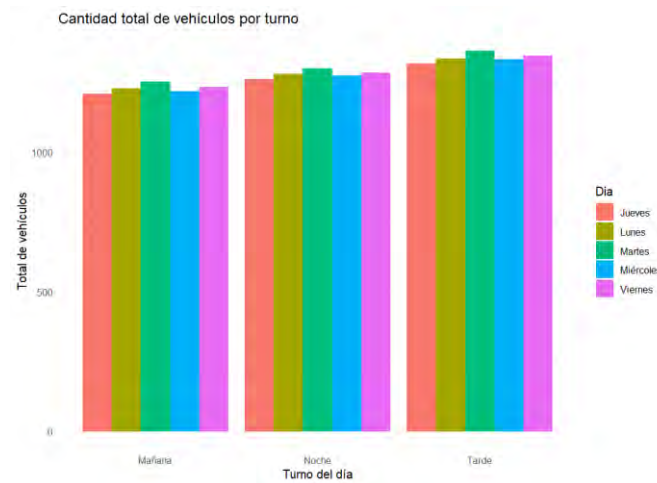
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-16

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 124

Cantidad de vehículos por turno en el PC-16

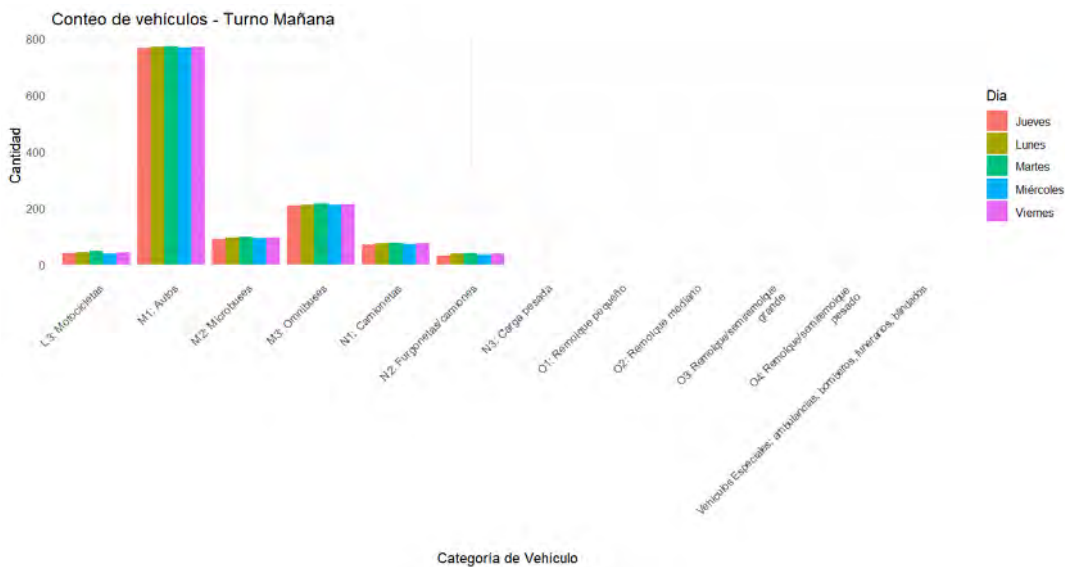


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 125

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-16

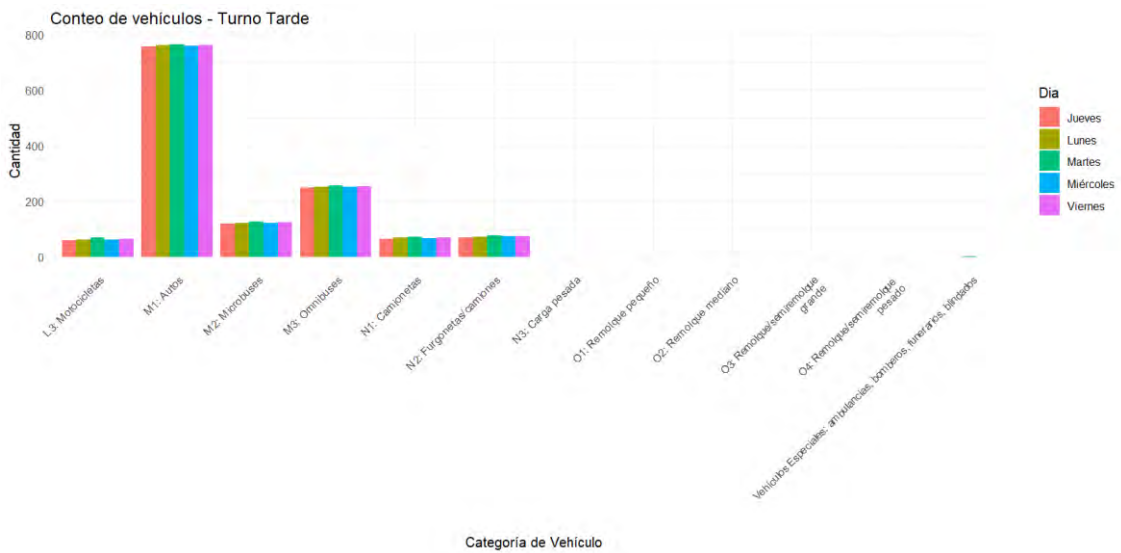


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 126

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-16

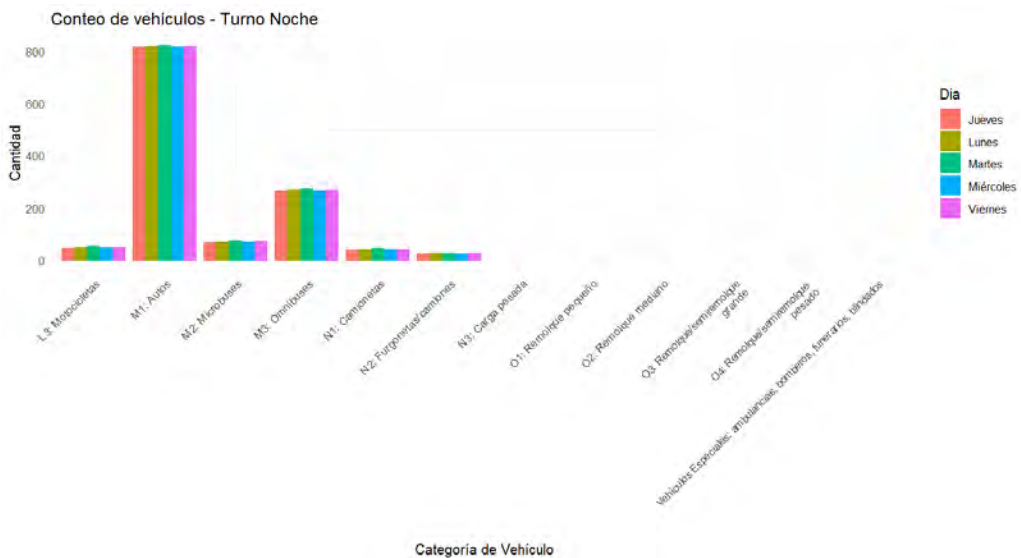


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 127

Cantidad de vehículos por la noche del PC-16



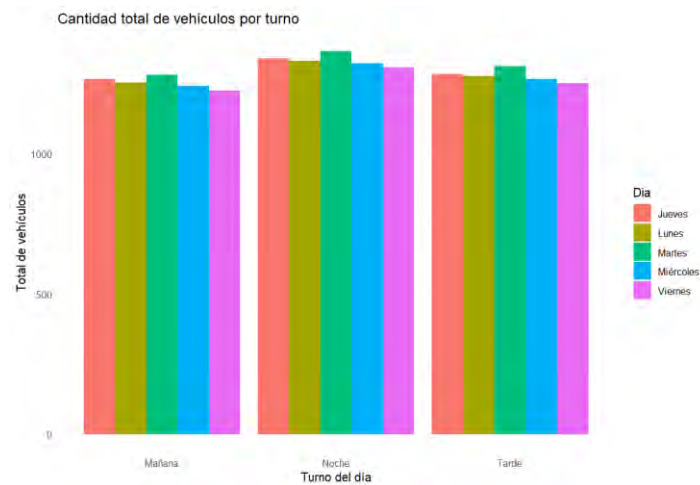
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-17

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 128

Cantidad de vehículos por turno en el PC-17

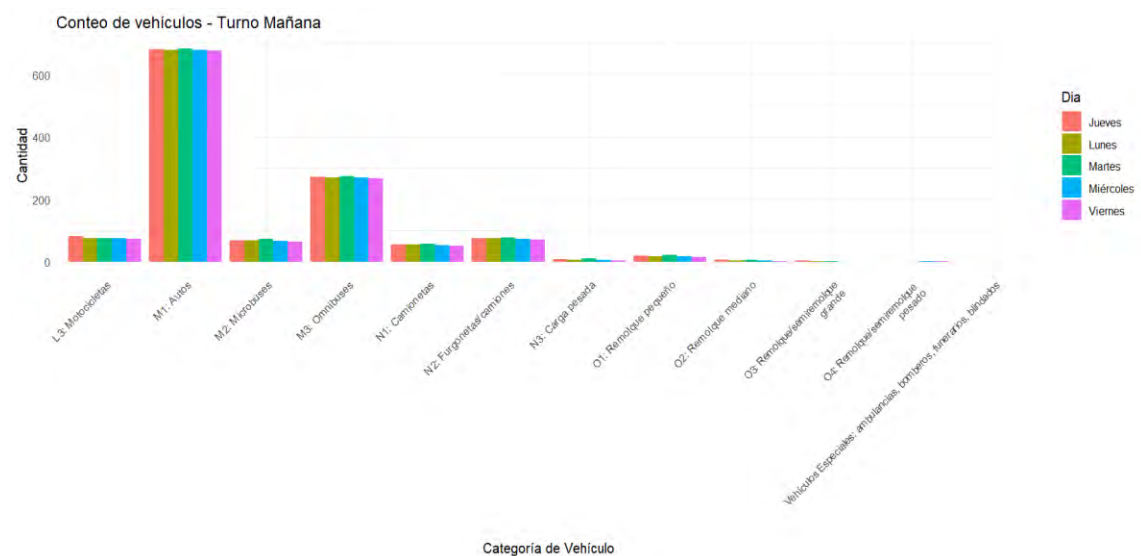


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 129

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-17

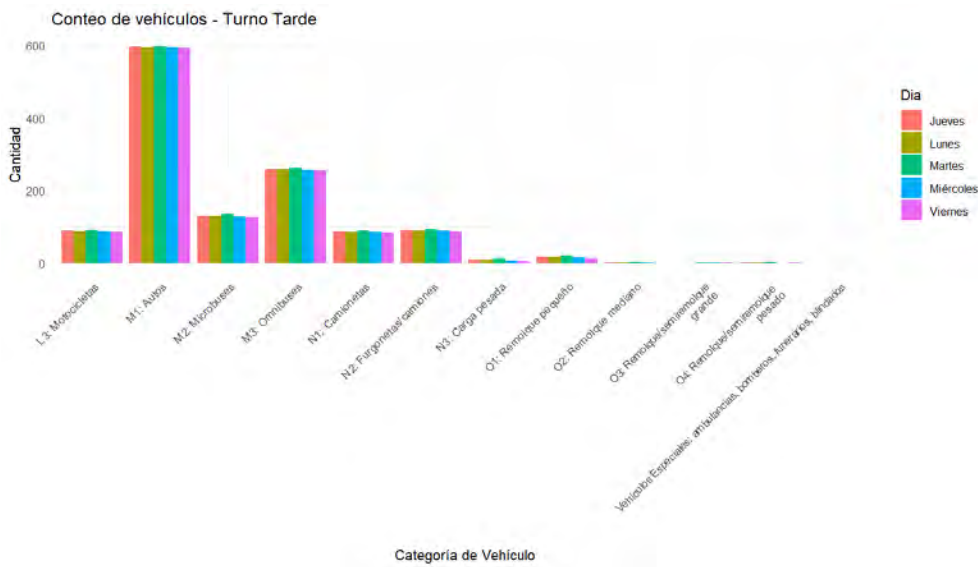


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 130

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-17

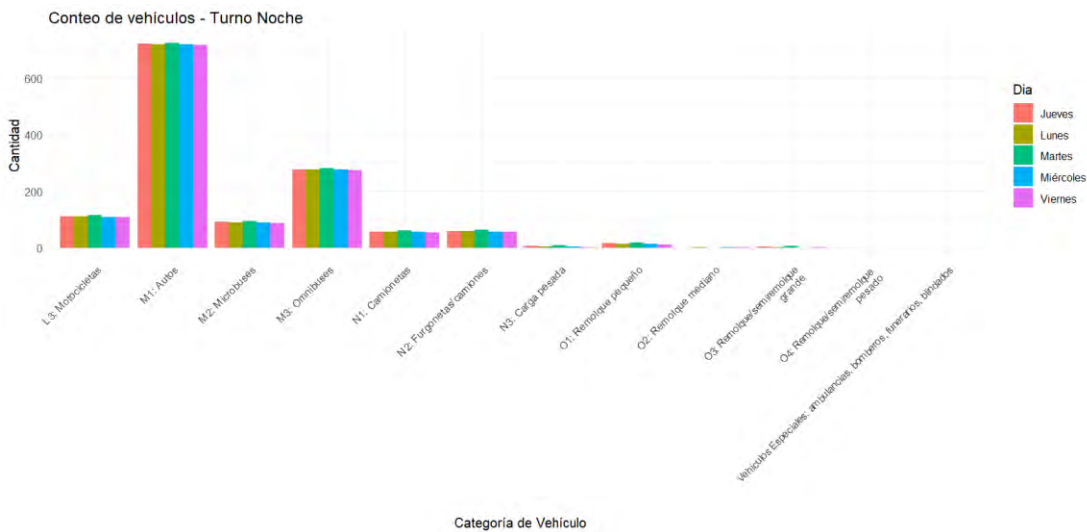


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 131

Cantidad de vehículos por la noche del PC-17



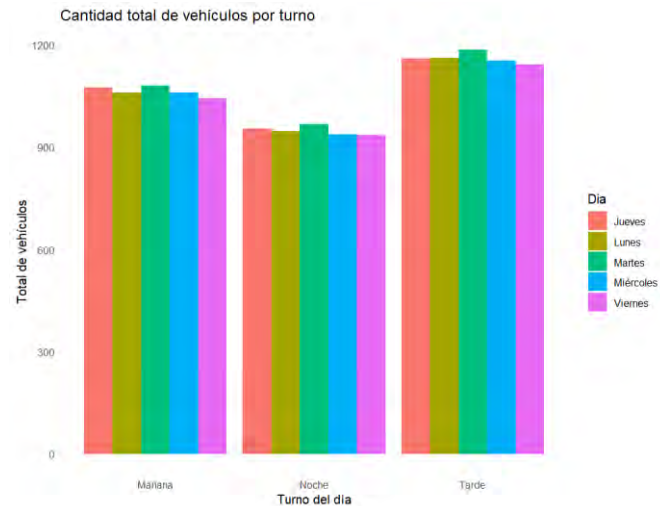
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-18

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 132

Cantidad de vehículos por turno en el PC-18

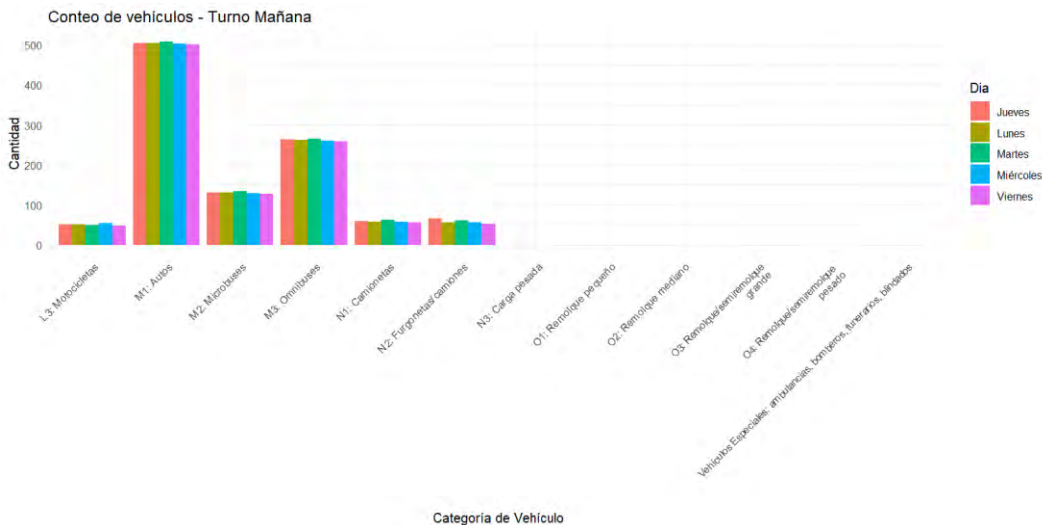


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 133

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-18

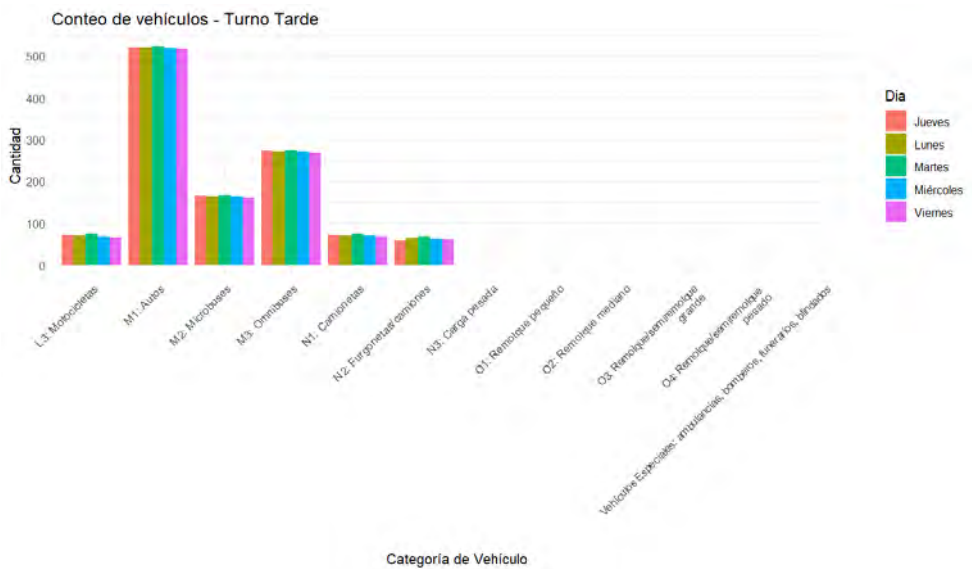


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 134

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-18

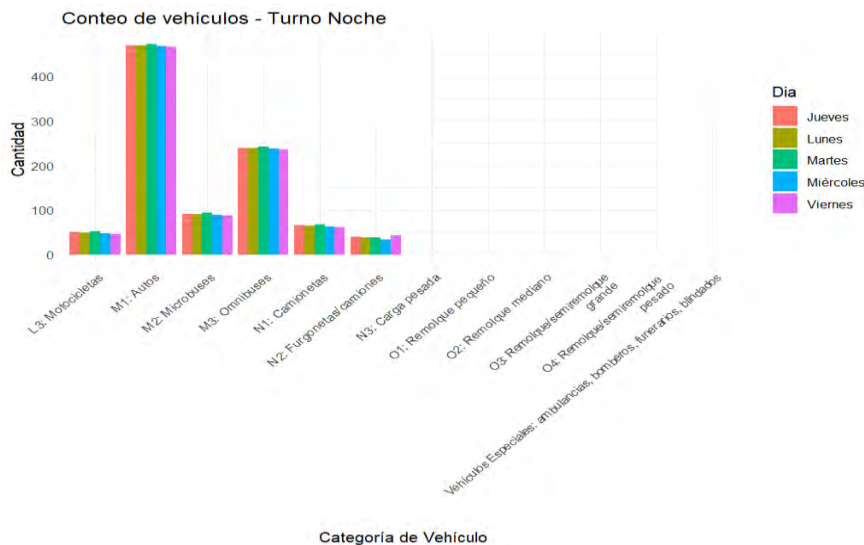


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 135

Cantidad de vehículos por la noche del PC-18



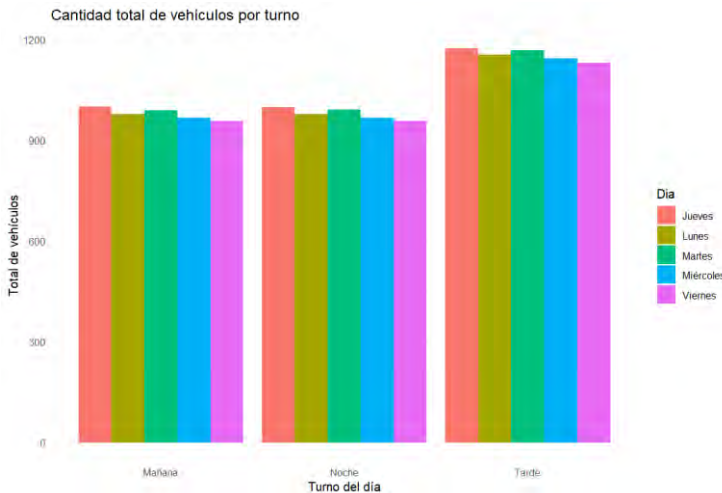
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-19

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 136

Cantidad de vehículos por turno en el PC-19



Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 137

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-19

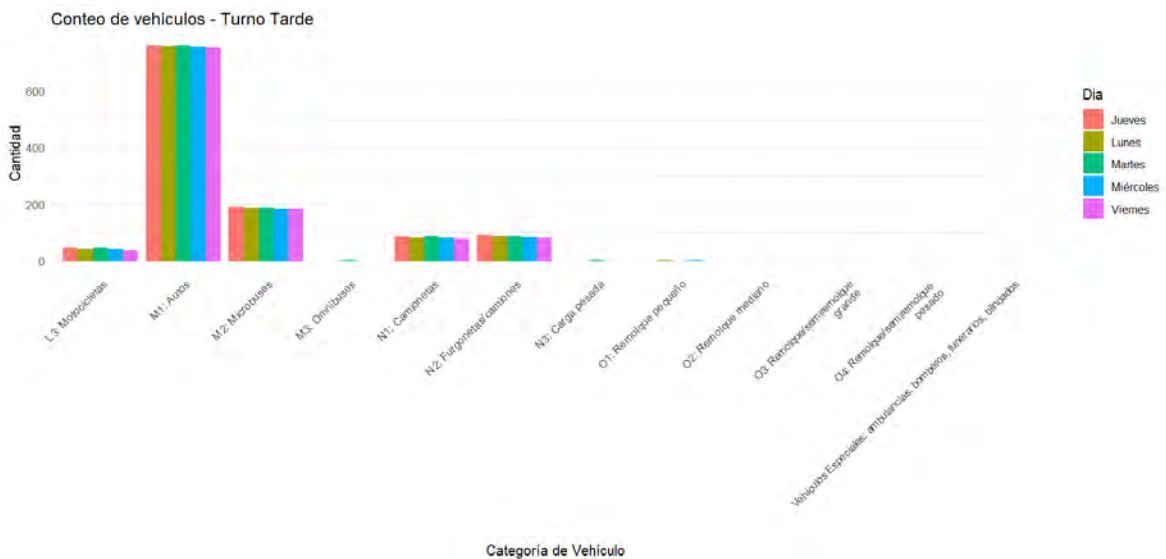


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 138

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-19

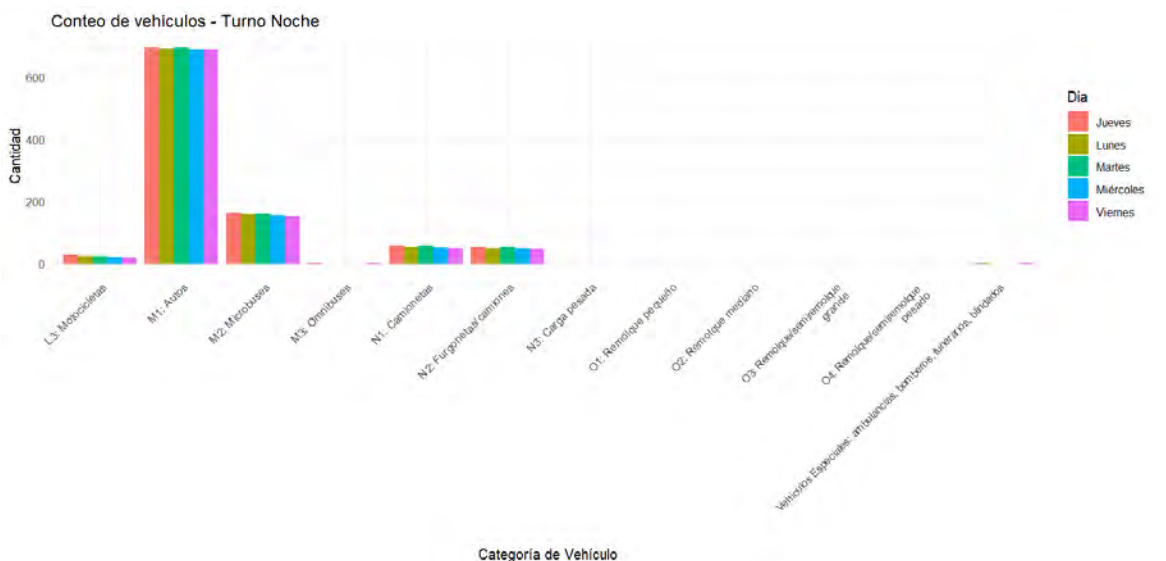


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 139

Cantidad de vehículos por la noche del PC-19



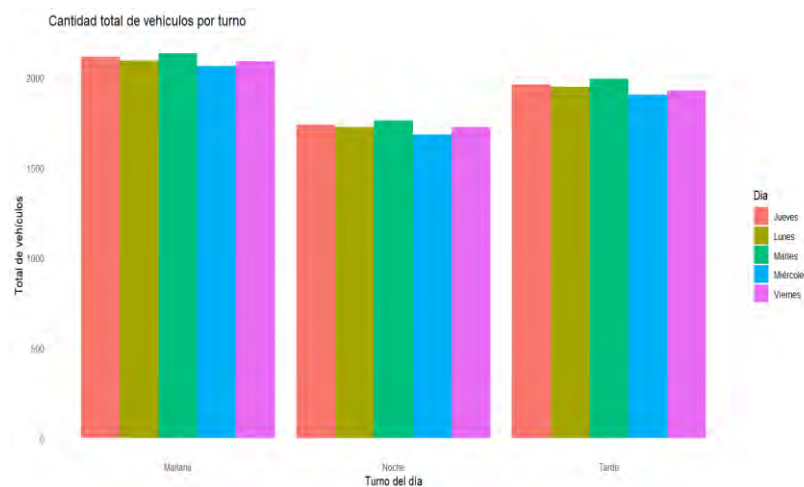
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Punto de control PC-20

La figura muestra la cantidad de vehículos por turno (Mañana, Tarde y Noche).

Figura 140

Cantidad de vehículos por turno en el PC-20

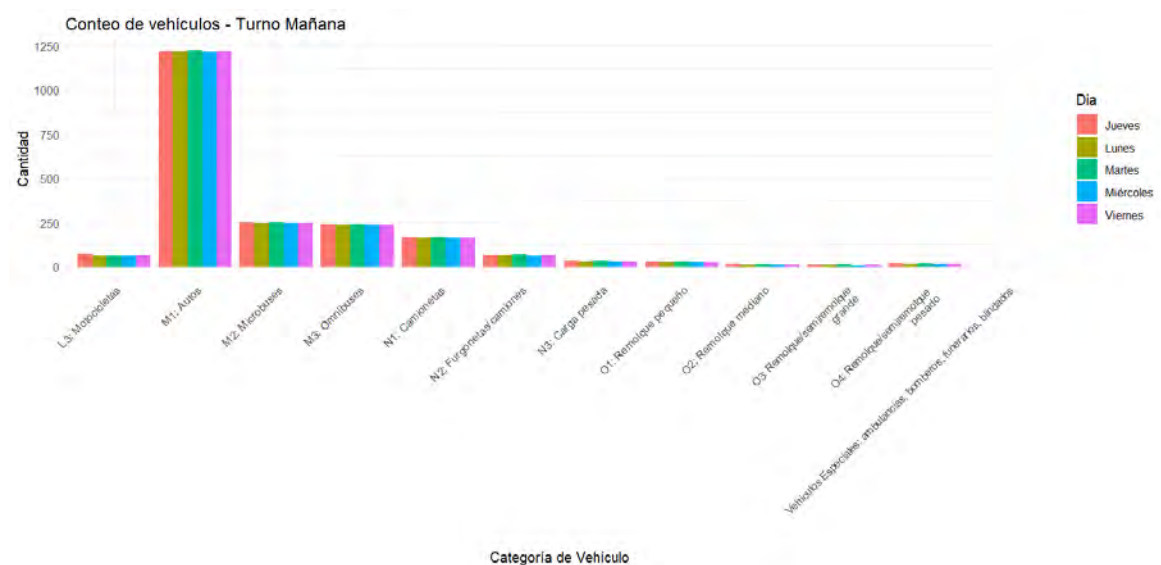


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Mañana.

Figura 141

Cantidad de vehículos por la mañana del PC-20

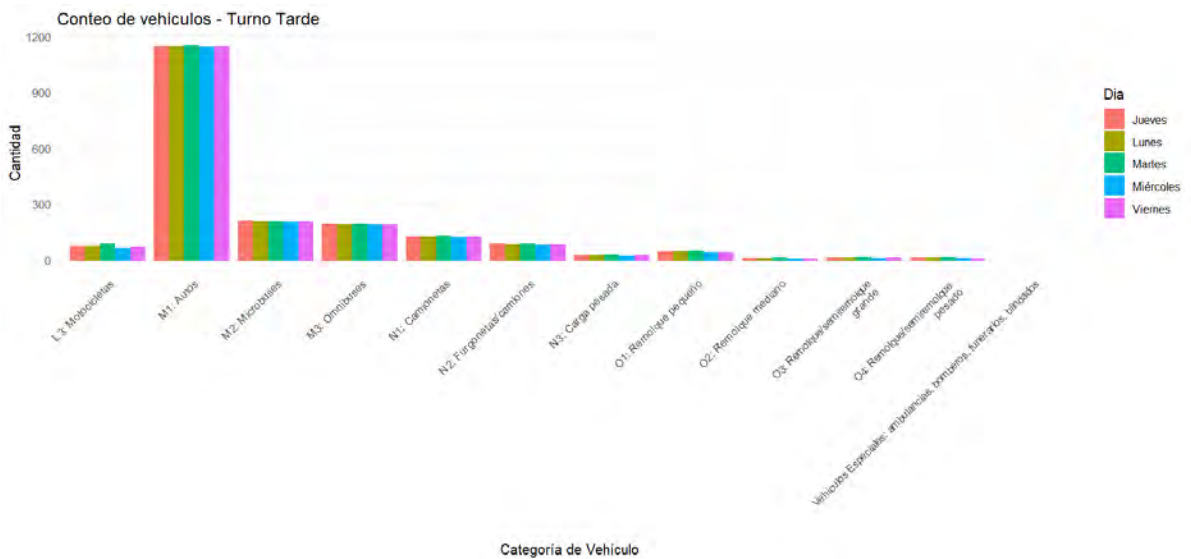


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Tarde.

Figura 142

Cantidad de vehículos por la tarde del PC-20

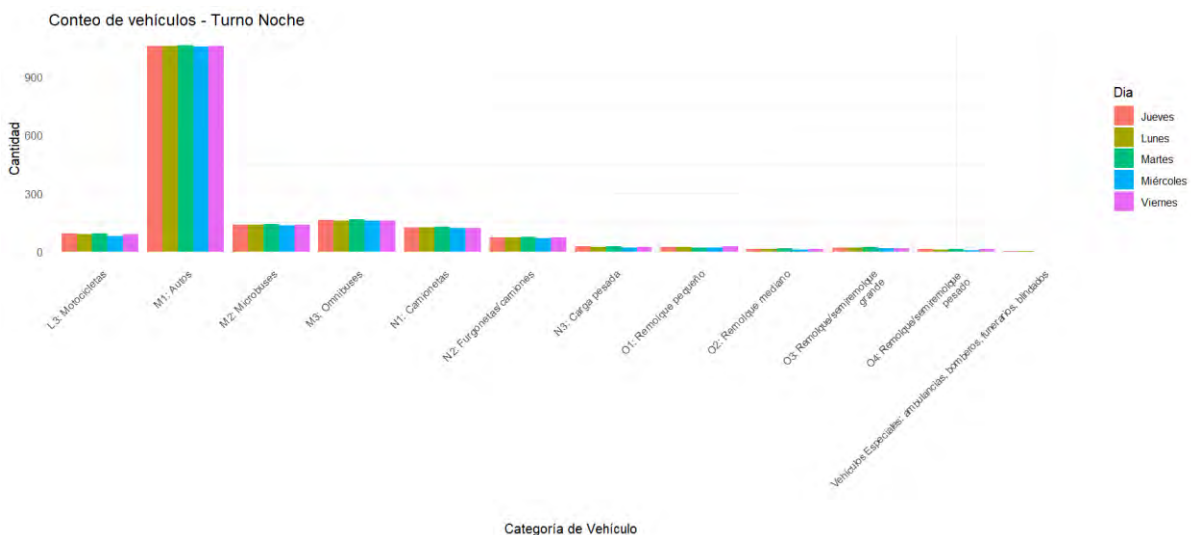


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la cantidad de vehículos por tipo en el turno Noche.

Figura 143

Cantidad de vehículos por la noche del PC-20



Nota. Fuente: Elaboración Propia

5.5.2. Comprobación de la hipótesis específica 2

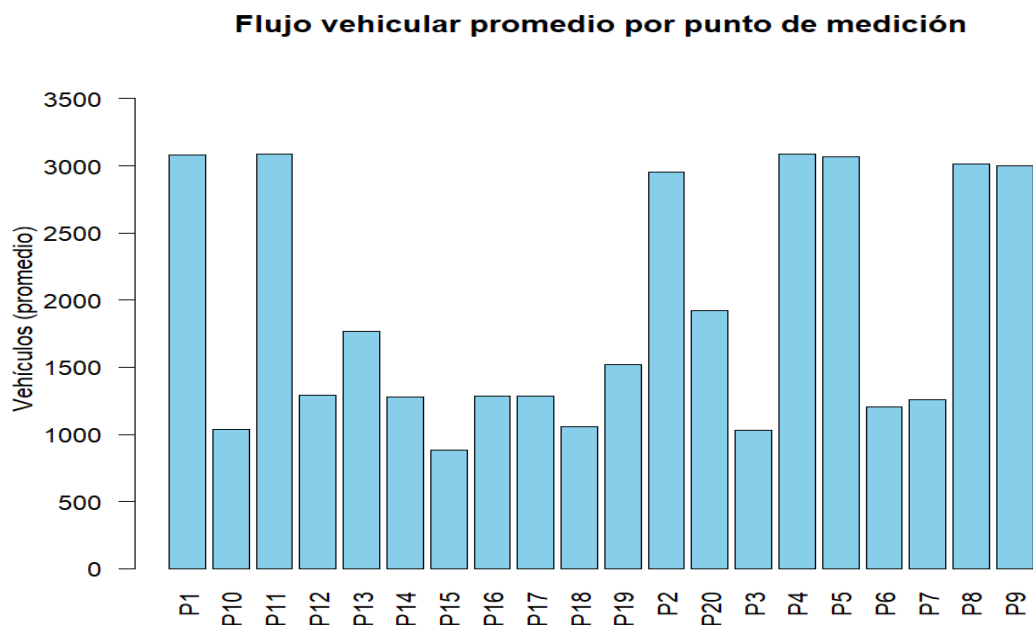
HE2: El flujo vehicular cuantificado en términos de volumen y clasificación vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, varía según el horario y la ubicación del punto de evaluación.

Para determinar la variación del flujo vehicular graficaremos los datos obtenidos y luego se aplicará el método de Kruskal–Wallis

A continuación, la figura muestra el promedio de vehículos por cada punto de medición.

Figura 144

Flujo vehicular promedio por punto de control

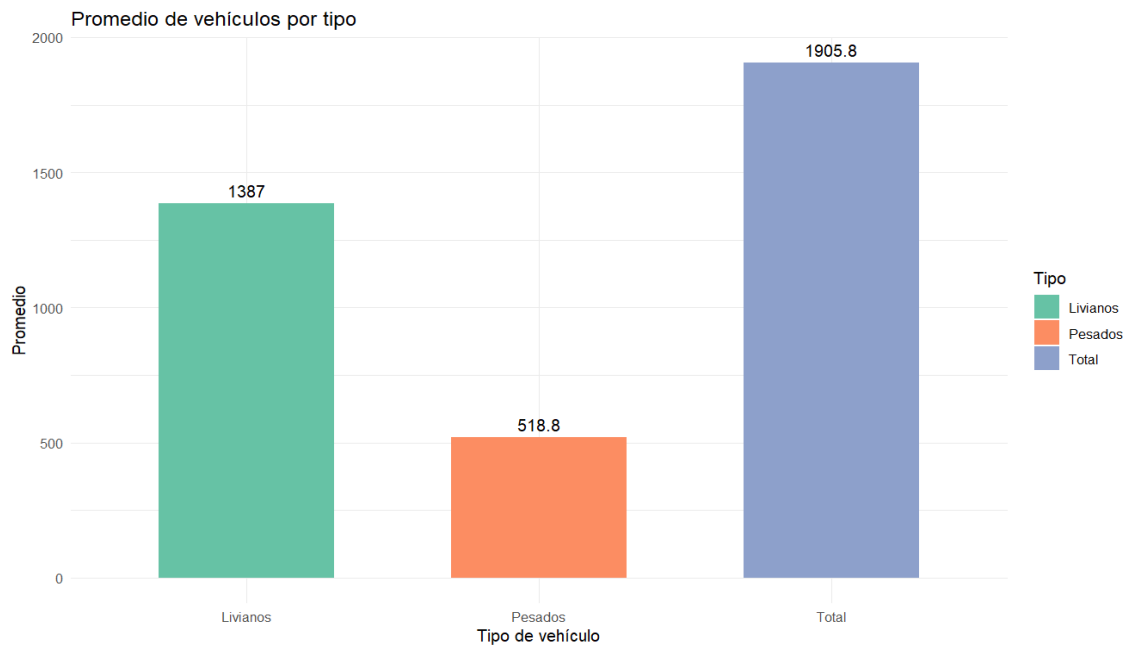


Nota. Fuente Elaboración Propia

La figura muestra el promedio de vehículos por cada tipo.

Figura 145

Flujo vehicular promedio por tipo

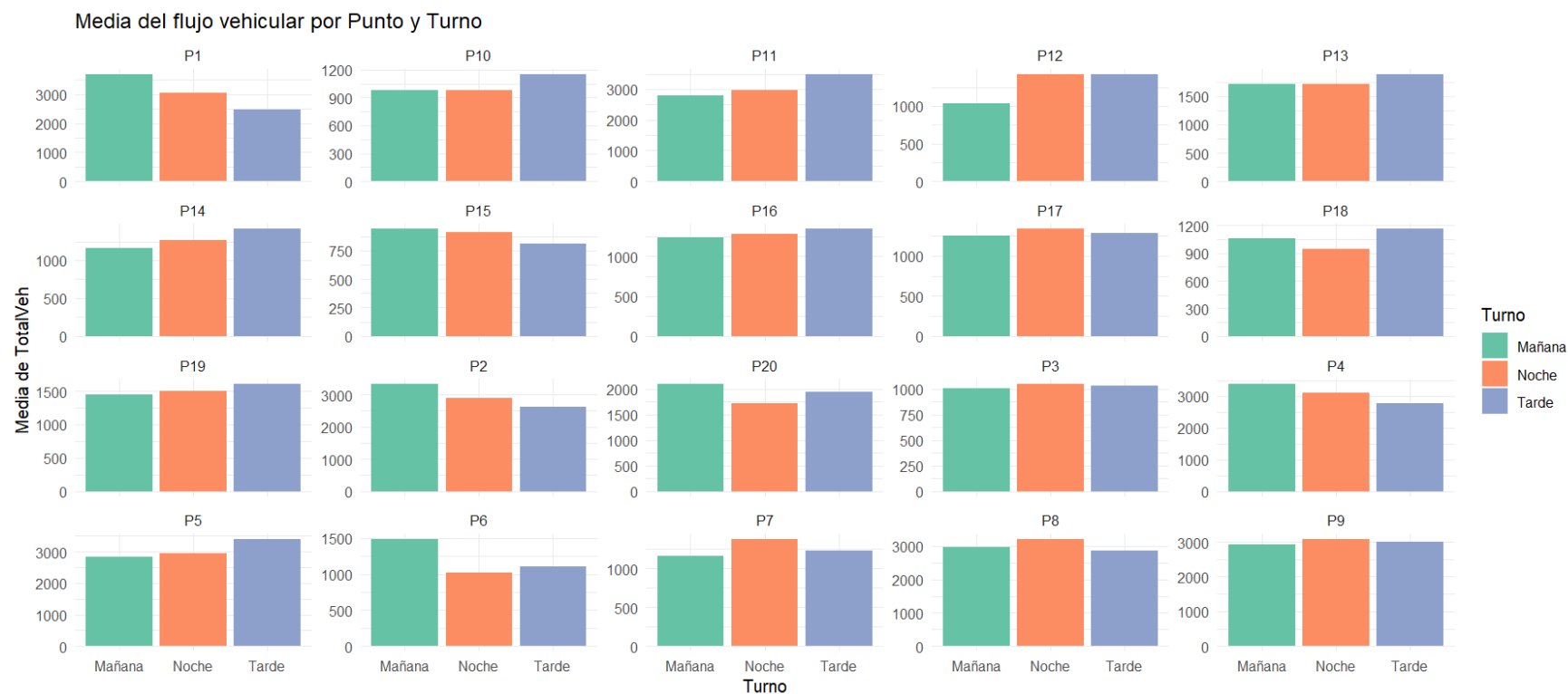


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra el promedio de vehículos por cada punto y turno.

Figura 146

Media del flujo vehicular por punto y turno

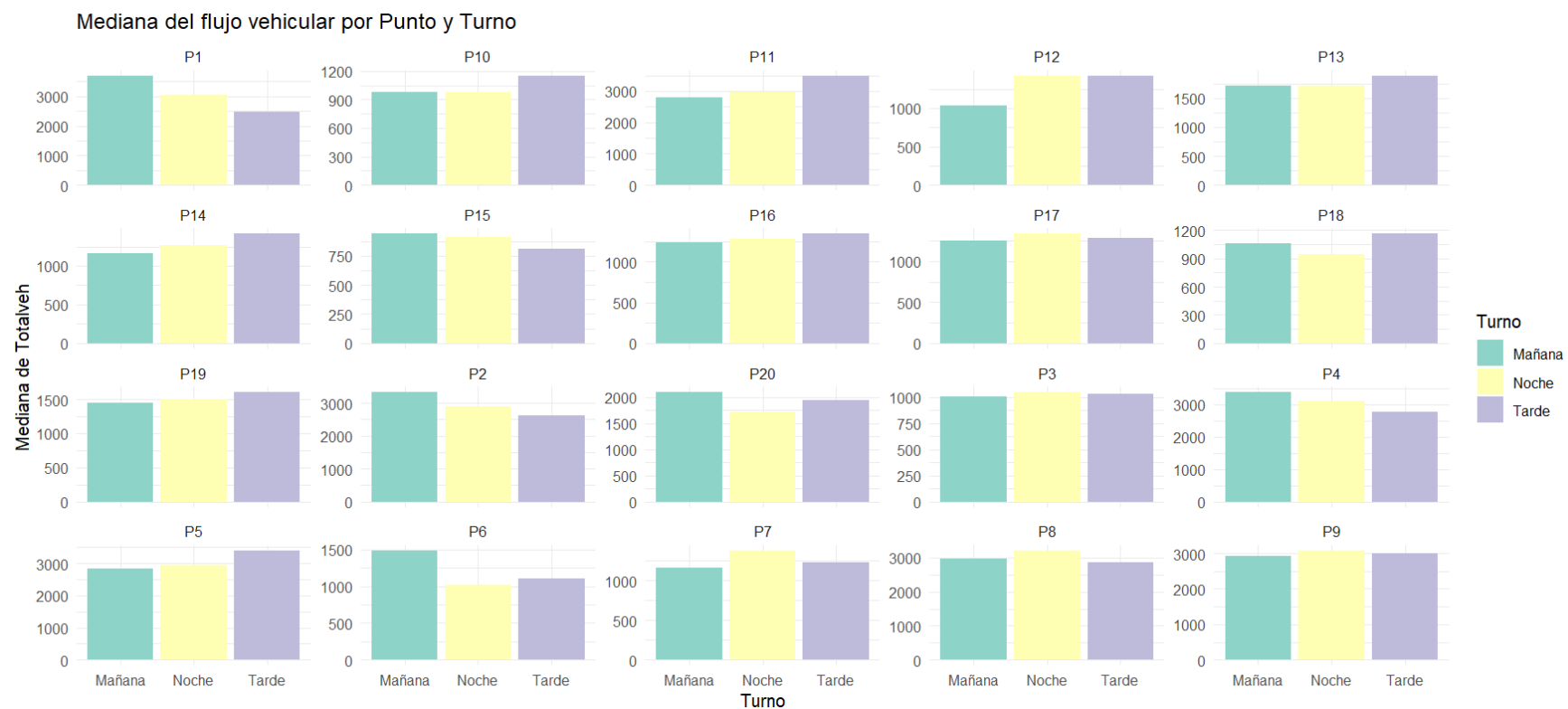


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la mediana de vehículos por cada tipo.

Figura 147

Mediana del Flujo vehicular promedio por tipo

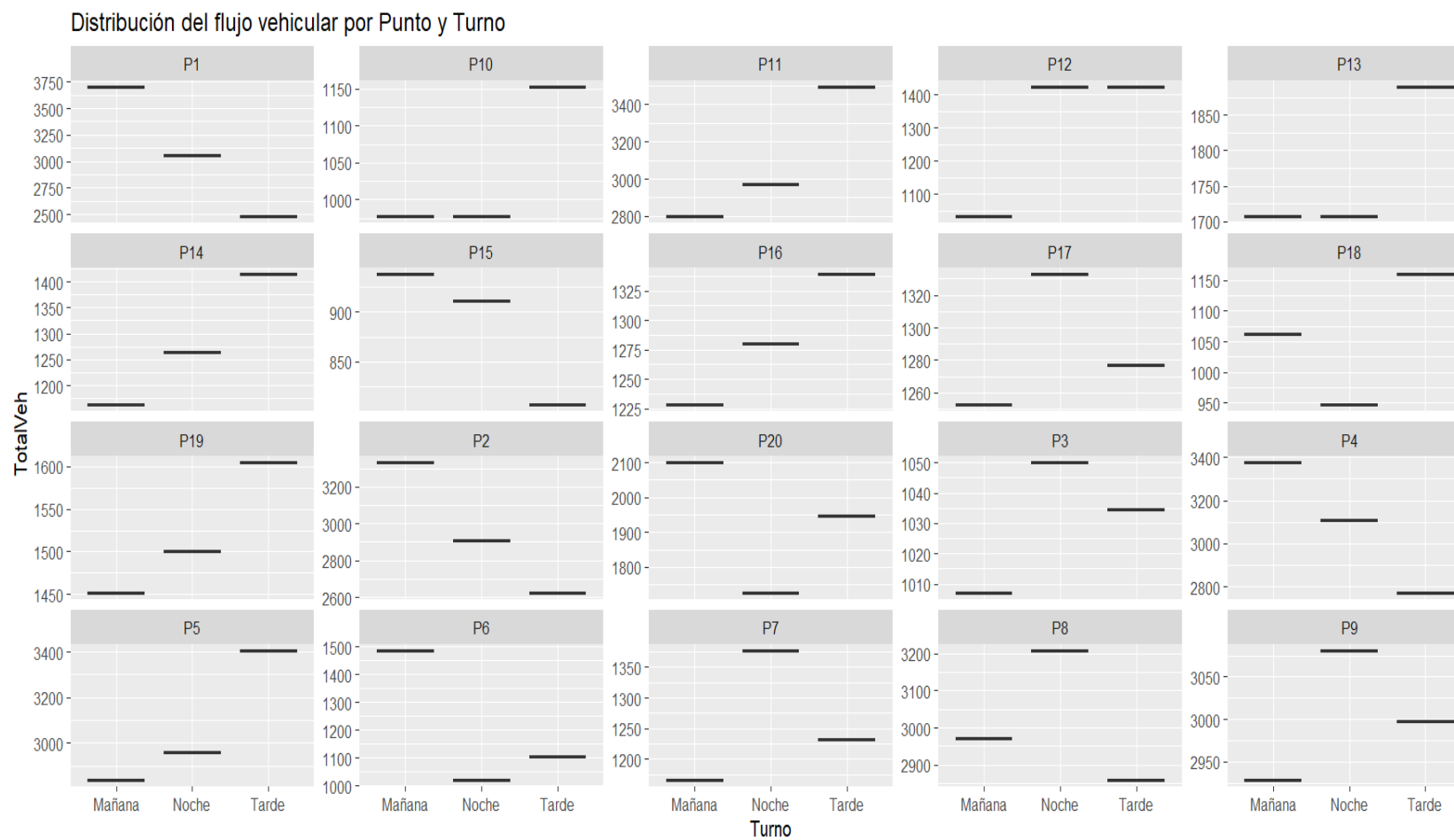


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la distribución de vehículos por cada punto y por turno.

Figura 148

Distribución del flujo vehicular por punto y turno

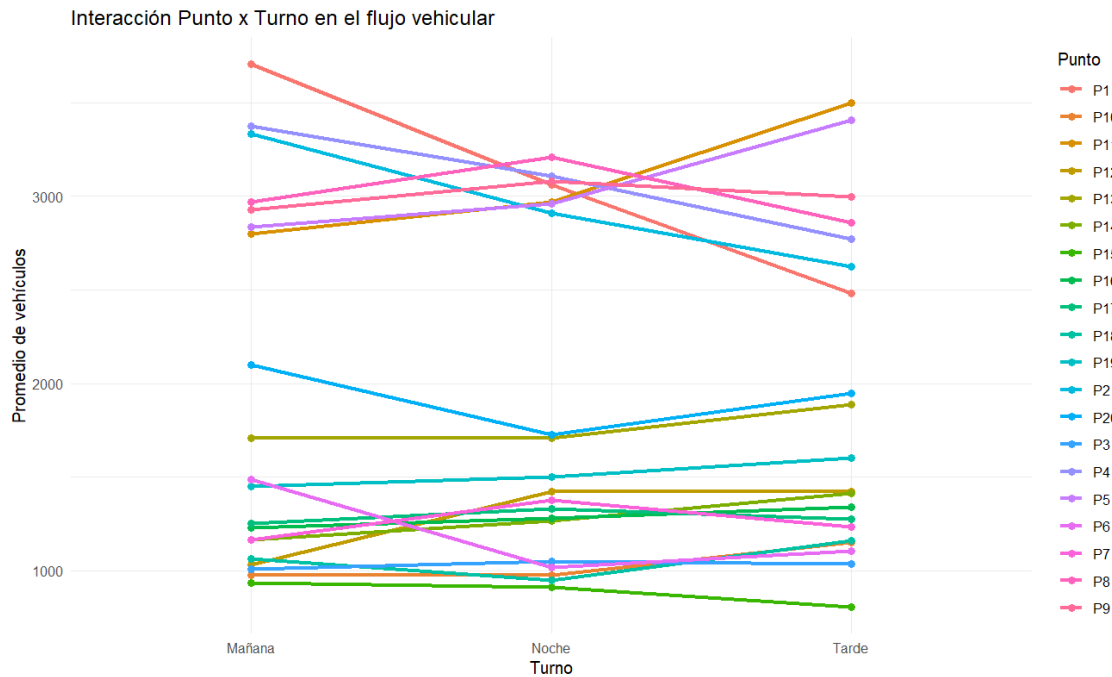


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la variación de vehículos por punto y turno.

Figura 149

Interacción punto y turno en el flujo vehicular

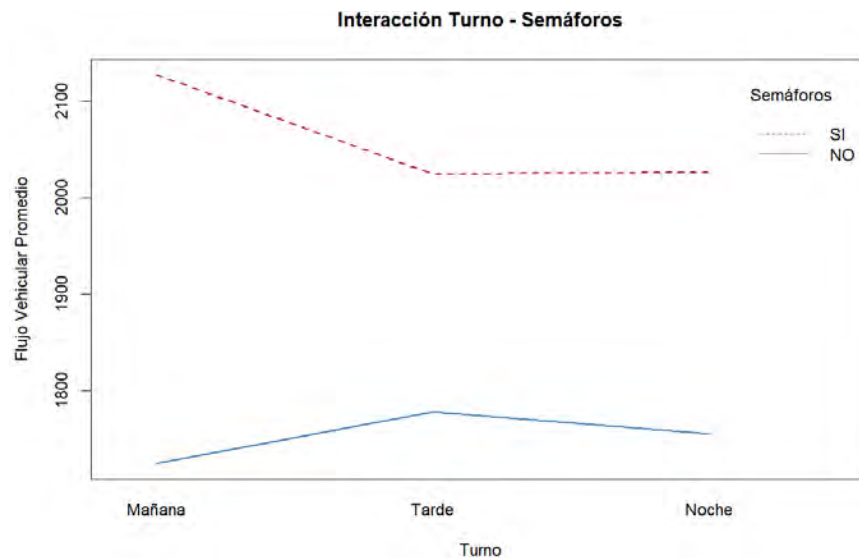


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La Figura muestra el flujo vehicular promedio por turno y presencia de semáforos en las zonas de uso especial del Cusco (2025). El eje horizontal corresponde a los turnos del día (mañana, tarde y noche) y el eje vertical al número promedio de vehículos registrados. Las barras diferenciadas por color representan la condición de semáforos (sí/no). Se observa que en el turno de mañana se registran los mayores flujos vehiculares, especialmente en las zonas con semáforos. En la tarde y la noche, aunque el flujo vehicular disminuye, se mantiene más alto en las zonas con semáforos que en aquellas sin ellos.

Figura 150

Interacción del flujo vehicular con los semáforos

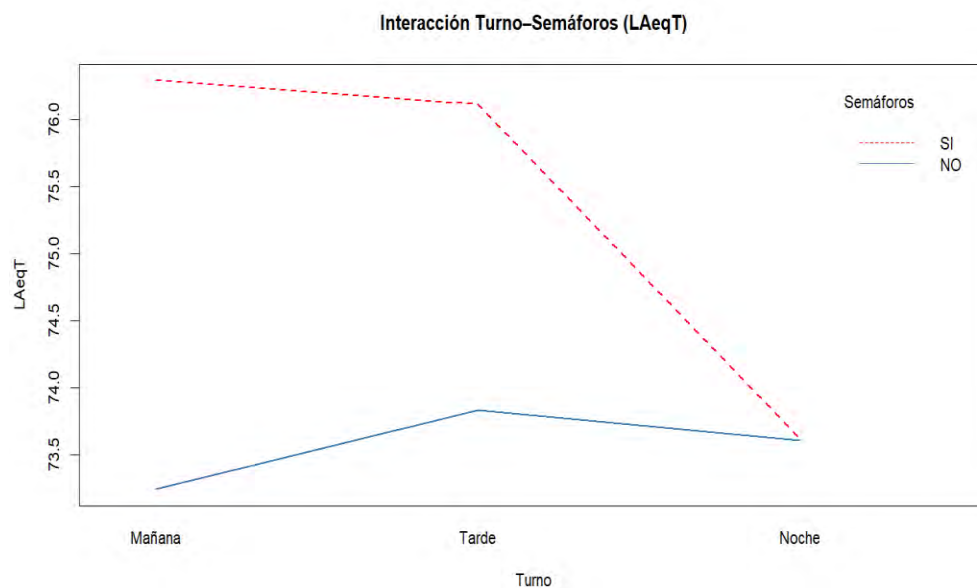


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la variación del nivel de presión acústica debido a la presencia de semáforos.

Figura 151

Influencia de semáforos en la presión acústica



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Kruskal–Wallis

El Kruskal–Wallis compara si las distribuciones de los puntos son iguales.

La estadística de prueba es:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Donde:

- N = número total de observaciones
- k = número de grupos (puntos)
- n_i = número de observaciones en el grupo i
- R_i = Suma de rangos del grupo i

Grados de libertad:

$$gl = k - 1$$

Valor de p:

$$p = 1 - P(x_{gl}^2 \leq H)$$

Kruskal–Wallis por Punto

chi-squared = 53.847, df = 19, p-value = 3.485e-05

- $p < 0.05 \rightarrow$ sí hay diferencias significativas en el flujo vehicular entre los distintos puntos de observación. La ubicación influye en la cantidad de vehículos.

Kruskal–Wallis por Turno

chi-squared = 0.0296, df = 2, p-value = 0.0439853

- $p \approx 0.04 \rightarrow$ hay diferencias en el flujo vehicular entre los turnos (mañana, tarde, noche)

Análisis estadístico para determinar la correlación entre la presión acústica y el flujo vehicular

5.6. Análisis estadístico para determinar la variación del ruido según el flujo y composición vehicular

5.6.1. Comprobación de la hipótesis específica 3

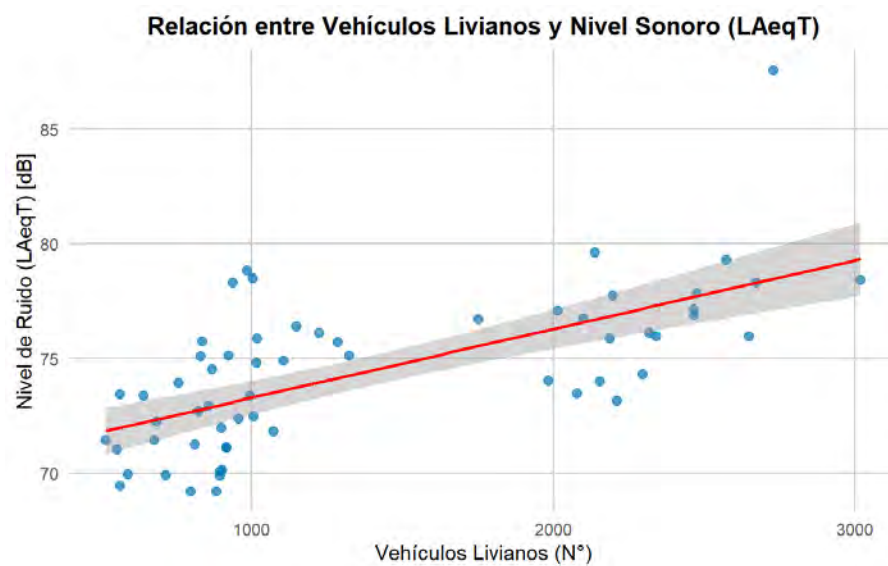
HE3: La variación del ruido según el flujo y composición vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, se incrementa con el aumento de la proporción de vehículos pesados.

Este análisis se determinará mediante la correlación de Pearson

La figura muestra los residuales de Pearson entre la presión acústica y el flujo vehicular.

Figura 152

Relación entre vehículos livianos y nivel de presión sonora

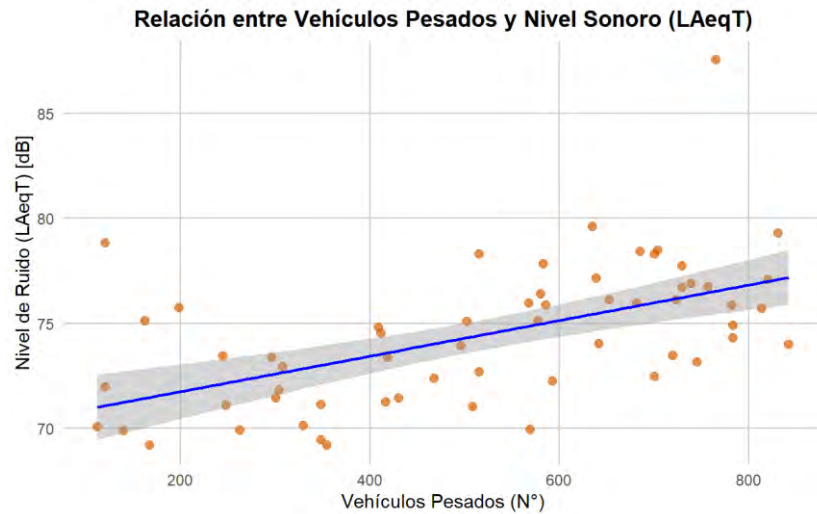


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la relación entre el nivel de ruido y los vehículos pesados.

Figura 153

Relación entre vehículos pesados y nivel de presión sonora



Nota. Fuente: Elaboración Propia

1. Modelo Livianos

- Pendiente (β_1) = 0.003

Por cada vehículo liviano adicional, el nivel sonoro (LAeqT) aumenta en promedio 0.003 dB.

- Es un efecto muy pequeño, pero al acumularse muchos vehículos livianos puede ser perceptible.

2. Modelo Pesados

- Pendiente (β_1) = 0.008

Por cada vehículo pesado adicional, el nivel sonoro (LAeqT) aumenta en promedio 0.008 dB.

- El efecto es más del doble que el de los livianos, lo que refleja que los vehículos pesados generan mayor impacto acústico.

Comparación directa

- Un vehículo pesado ≈ 2.6 vehículos livianos en su efecto sobre el ruido ($0.008 / 0.003 \approx 2.67$).
- Esto concuerda con la teoría de que pesados generan más ruido (motores más grandes, peso, fricción, etc.).

El análisis de regresión lineal simple indicó que el flujo de vehículos livianos se asoció positivamente con el nivel sonoro, con una pendiente $\beta = 0.003$, IC95% [...], $p < 0.05$.

En el caso de los vehículos pesados, la pendiente fue mayor, $\beta = 0.008$, IC95% [...], $p < 0.05$, lo cual sugiere que su contribución al ruido es más de dos veces superior a la de los livianos.

5.7. Análisis estadístico para determinar la correlación entre la presión acústica y el flujo de vehículos.

5.7.1. Comprobación de la hipótesis específica 4

HE4: La relación estadística establecida mediante análisis correlacional entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, es significativa

Este análisis se determinará mediante la correlación de Pearson

Correlación de Pearson

$$x_i = TotalVeh, y_i = LAeqT, i = 1, \dots, n$$

Coeficiente de Pearson

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

x_i = valores de flujo vehicular (TotalVeh)

y_i = valores de nivel de ruido (LAeqT)

$\bar{x}$ = media de los vehículos

$\bar{y}$ = media de los vehículos

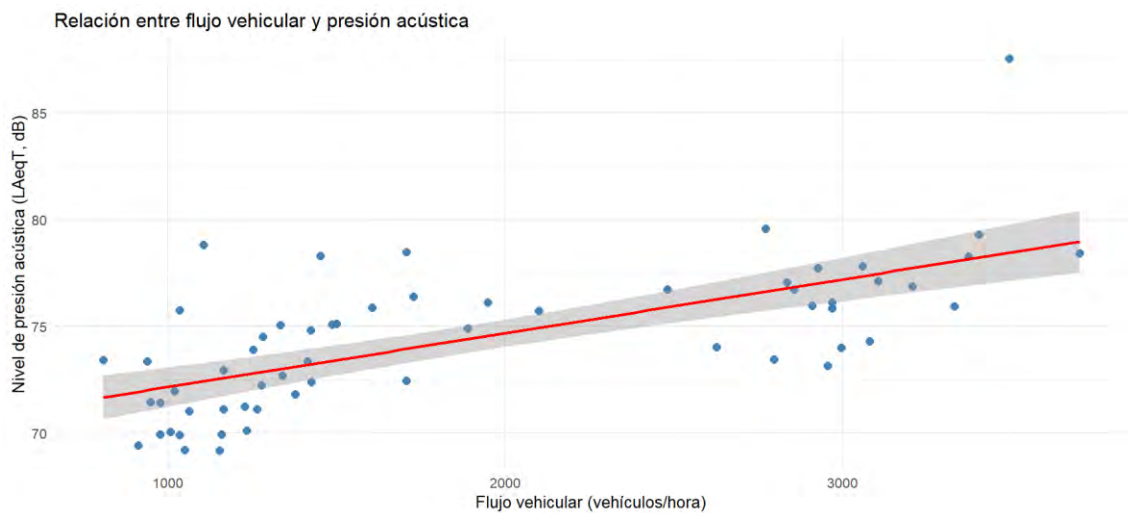
Para el valor p :

$$p = 2P(T > |t|), T \sim t_{28}$$

La figura muestra la relación línea entre la presión acústica y el flujo vehicular

Figura 154

Relación entre flujo vehicular y presión acústica

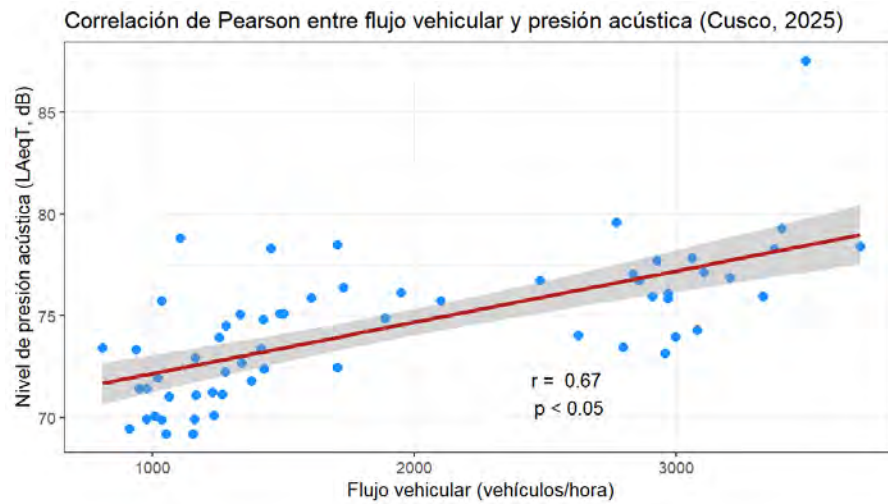


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra la correlación y el valor “p” entre la presión acústica y el flujo vehicular.

Figura 155

Correlación de Pearson entre flujo vehicular y presión acústica

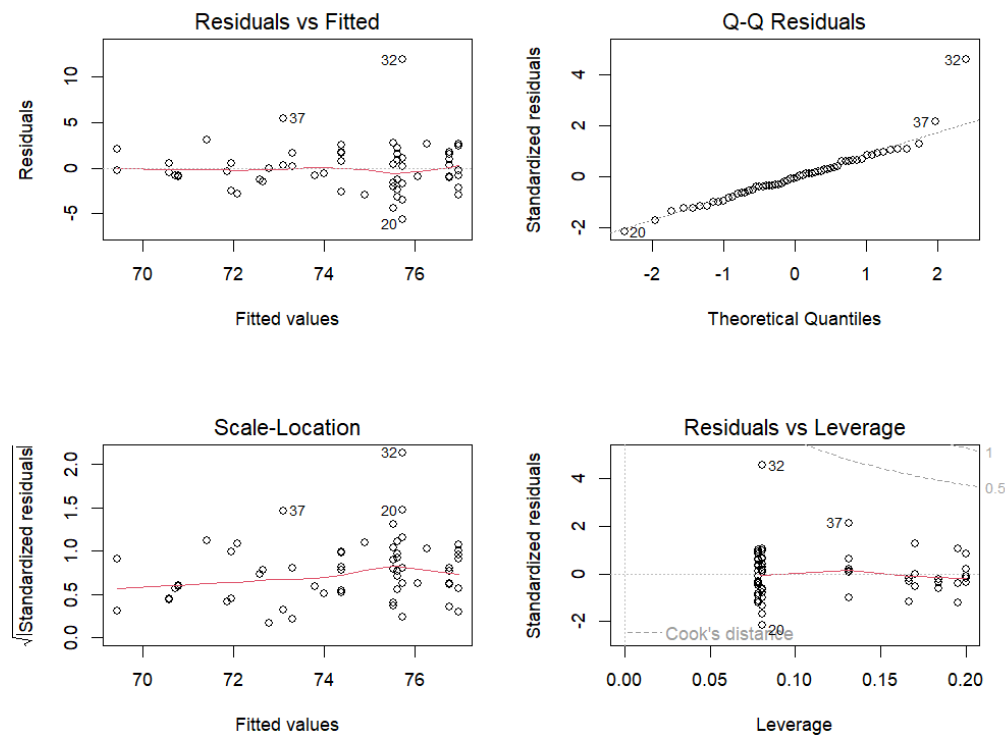


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La figura muestra los residuales de Pearson entre la presión acústica y el flujo vehicular.

Figura 156

Residuales entre flujo vehicular y presión acústica



Nota. Fuente: Elaboración Propia

El valor de $(p = 3.597 \times 10^{-9} = 0.000000003597) < 0.05$ obtenido en la prueba de correlación de Pearson indica que existe una probabilidad inferior al 5% de que la correlación observada se haya producido por azar. En otras palabras, el resultado es estadísticamente significativo.

Este nivel de significancia confirma que el flujo vehicular ejerce una influencia comprobable sobre los niveles de presión acústica, y que el incremento del tránsito vehicular se asocia consistentemente con un aumento en el nivel de ruido ambiental. Por lo tanto, los resultados no son producto de variaciones aleatorias, sino que reflejan una tendencia sistemática y verificable en la dinámica urbana de la ciudad del Cusco durante el año 2025.

En términos prácticos, la significancia estadística obtenida valida que la relación identificada tiene relevancia empírica y científica, respaldando que el tráfico vehicular constituye un factor determinante en la generación de contaminación sonora en las zonas evaluadas.

5.8. Análisis estadístico para determinar la relación entre la presión acústica y el flujo vehicular

5.8.1. Comprobación de la hipótesis general

HG: La relación existente entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, es directa.

Para este análisis, se aplicará el método de la regresión lineal.

Modelo de regresión lineal simple

$$y = a + bx$$

Donde:

y = variable dependiente (nivel de ruido en dB)

x = variable independiente (flujo vehicular)

$a = \text{intercepto}$

$b = \text{pendiente}(\text{cambio en } y \text{ por cada unidad de } x)$

Fórmulas para calcular los coeficientes

Pendiente:

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

Intercepto:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

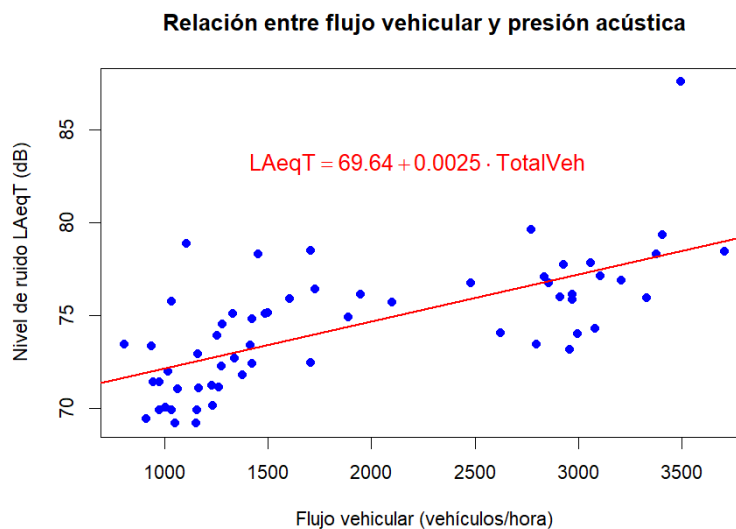
$$\bar{y} = a + b\bar{x}$$

$$y = 69.64 + 0.0025x$$

La figura confirma la relación directa entre el nivel de ruido y el flujo vehicular.

Figura 157

Relación entre flujo vehicular y presión acústica

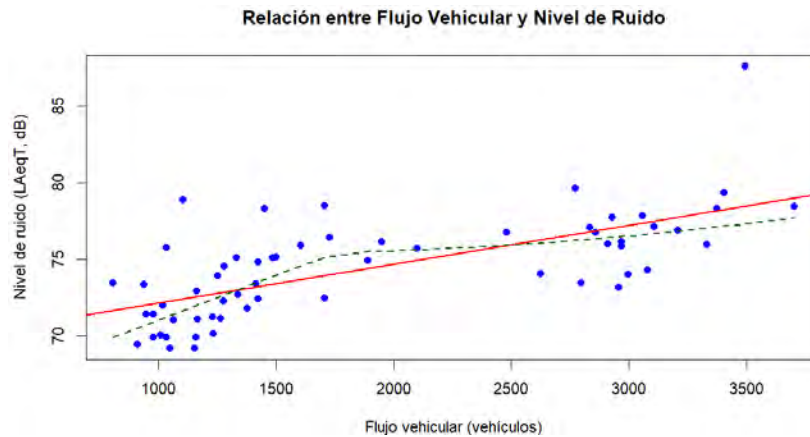


Nota. Fuente: Elaboración Propia

La siguiente figura confirma la relación directa y la línea de tendencia entre el nivel de ruido y el flujo vehicular.

Figura 158

Relación entre flujo vehicular y Nivel de ruido



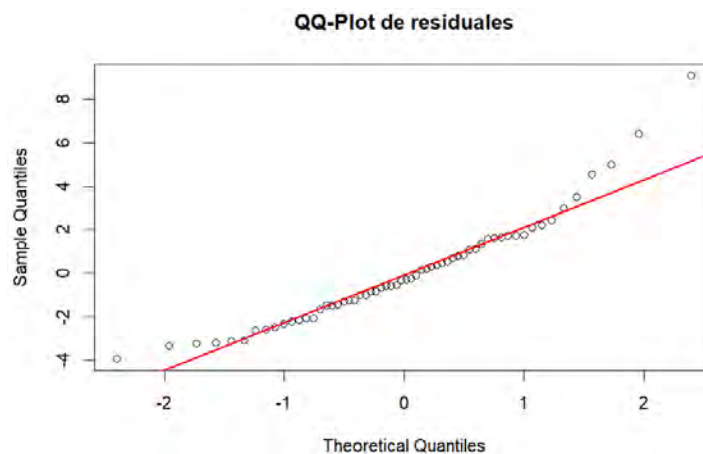
Nota. Fuente: Elaboración Propia

Los análisis gráficos de los residuales (dispersión, histograma y QQ-Plot) evidenciaron que éstos se distribuyen de manera aleatoria, simétrica y normal, por lo que se cumplen los supuestos básicos de regresión lineal en el modelo planteado.

La figura muestra la diferencia entre los valores observados y los estimados por el modelo, en función de los valores ajustados.

Figura 159

Residuales Vs valores ajustados



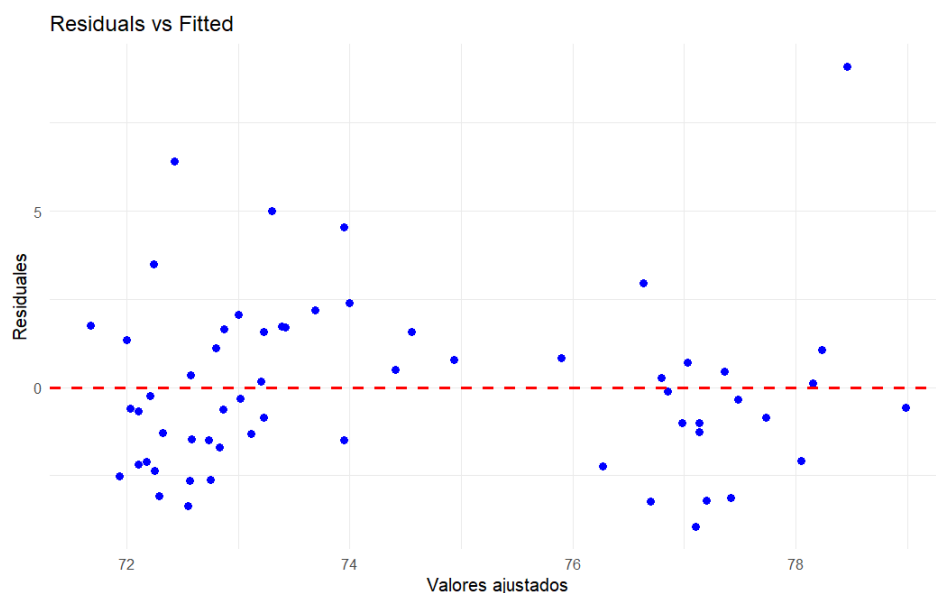
Nota. Fuente: Elaboración Propia

El gráfico de residuales frente a los valores ajustados muestra que los errores se distribuyen de forma aleatoria alrededor de la línea de referencia en cero, sin evidenciar un patrón sistemático. Esto indica que el modelo de regresión lineal cumple adecuadamente con los supuestos de homocedasticidad y linealidad. No obstante, se identifican algunos valores atípicos que podrían influir en el ajuste global del modelo.

En la figura se observa que los residuales están repartidos tanto arriba como abajo de la línea roja.

Figura 160

Residuales Vs Fitted



Nota. Fuente: Elaboración Propia

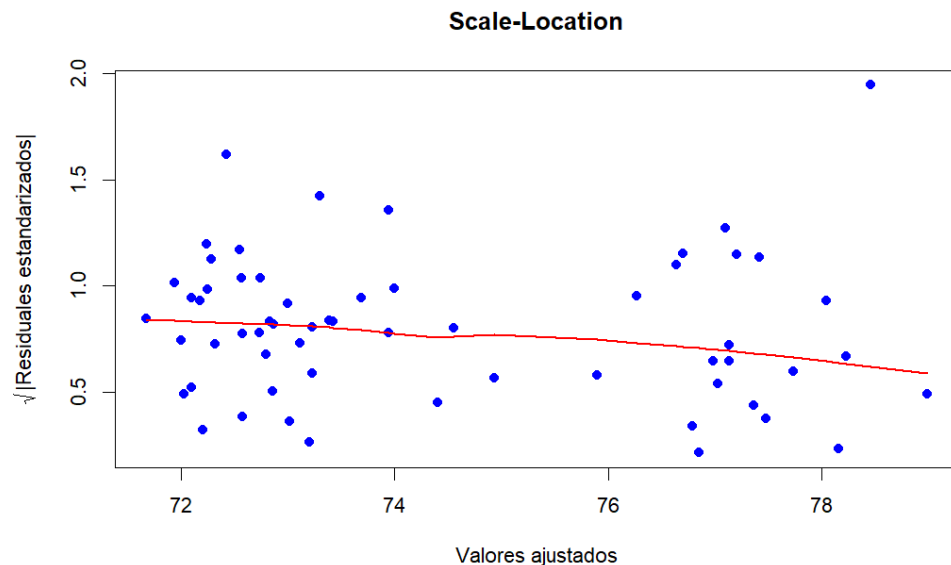
En la Figura se presenta el gráfico Scale–Location, el cual evalúa la homocedasticidad de los residuales. En el eje horizontal se muestran los valores ajustados del modelo y en el eje vertical la raíz cuadrada del valor absoluto de los residuales estandarizados. Se observa que la dispersión de los puntos alrededor de la línea de suavizado no presenta una tendencia clara, lo

que sugiere que la varianza de los errores se mantiene relativamente constante a lo largo de los valores ajustados. Esto permite asumir que el supuesto de homocedasticidad se cumple en el modelo lineal propuesto.

La figura se observa que los residuales tienen varianza constante (supuesto de homocedasticidad) en la regresión lineal.

Figura 161

Scale - Location



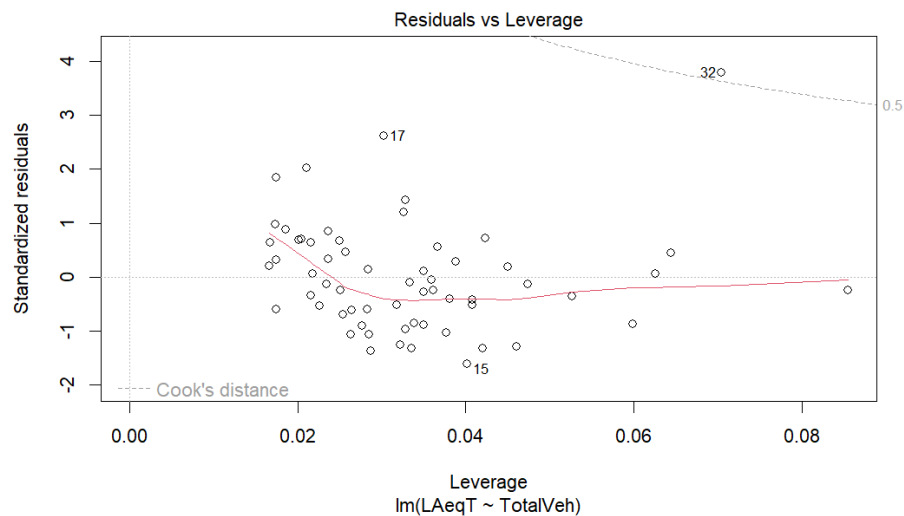
Nota. Fuente: Elaboración Propia

El gráfico de Residuos vs Leverage con líneas de Cook permitió evaluar la influencia de las observaciones sobre el modelo. La mayoría de los puntos se ubicaron dentro de los límites de Cook y con valores bajos de leverage, lo cual indica que no existen observaciones influyentes que distorsionen significativamente los parámetros de la regresión. Por ello, se confirma la estabilidad y confiabilidad del modelo ajustado.

La figura se observa que tanto una observación influye en la posición de la recta de regresión.

Figura 162

Residuals Vs Leverage



Nota. Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos muestran una relación directa entre el flujo vehicular y el nivel de ruido, lo que respalda la hipótesis de investigación (H1). Aunque se observa cierta dispersión y tramos de estabilización en la tendencia, la correlación positiva confirma que el incremento en la cantidad de vehículos contribuye al aumento de la presión acústica en las zonas de uso especial del distrito de Cusco.

La figura muestra el incremento del nivel de presión sonora debido al tipo de superficie.

Tabla 50

Variación de la presión acústica según el tipo de superficie

Tipo de superficie de calzada	Modificación de emisión de ruido en dB(A)		
	≤ 60 km/h	61-80 km/h	> 80 km/h
Superficie porosa	-1	-2	-3
Asfalto u hormiçón uniforme		0	
Hormiçón de cemento y asfalto ondulado		+2	
Adoquines de textura uniforme		+3	
Adoquines de textura irregular		+6	

Nota. Fuente: Comisión Europea (2003)

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Los resultados obtenidos en la presente investigación determinaron que el flujo vehicular constituye un factor determinante en la generación de ruido ambiental en las zonas de uso especial del distrito de Cusco, demostrando que a medida que aumenta la cantidad de vehículos, los niveles de presión acústica también se incrementan. Este comportamiento concuerda con los resultados obtenidos por estudios similares realizados en zonas urbanas de alta densidad vehicular. Según Pomachagua & Prudencio, (2023) los niveles de presión sonora y el flujo vehicular tienen una correlación positiva fuerte ($R=0.991$), concluyendo que un flujo vehicular alto genera niveles altos de presión sonora. Dados los resultados de esta investigación, se pone en evidencia la necesidad de incorporar criterios de gestión del ruido urbano mediante la planificación del transporte y del uso del suelo en zonas de uso especial.
- Según los resultados, los valores promedio de los niveles de presión sonora superaron los límites permisibles establecidos por el Decreto Supremo N° 85-2003-PCM en los 20 puntos de monitoreo, los cuales presentan valores que van desde los 69 dB(A) hasta los 79 dB(A), estando muy por encima de los 50 dB(A) que dicta la norma para zonas de uso especial. Esto evidencia que las zonas de uso especial del distrito de Cusco presentan una exposición acústica superior a la recomendada, afectando el confort y la salud de la población expuesta, lo cual genera consecuencias como el estrés, fatiga, dificultades de concentración, bajo rendimiento académico, alteraciones del sueño e incluso pérdida parcial de la audición. Además, se pudo notar que otros factores como la presencia de pendiente, el ancho de la vía, el tipo de pavimento y la presencia de semáforos también incrementan el ruido. Para controlar este problema se deberían fortalecer los mecanismos

de control acústico y la fiscalización ambiental mediante la implementación de sistemas de monitoreo continuo del ruido en los principales ejes viales.

- Para determinar el flujo vehicular, se aplicó el test de Krustal-Wallis, el cual mostró que existen diferencias significativas en el tránsito vehicular de acuerdo a la ubicación del punto de observación y el horario del conteo. Al realizar el estudio en campo, se pudo comprobar que la mayor densidad de vehículos se concentra en las horas punta debido a los desplazamientos académicos y laborales., además el parque automotor del distrito de Cusco está compuesto por diferentes tipos de vehículos, como son: los autos privados, taxis, motocicletas, buses de transporte público, buses turísticos y vehículos de carga, lo cual contribuye al incremento del nivel sonoro al combinarse los diferentes tipos de onda que emite cada tipo de vehículo. Esto refleja la importancia de implementar un sistema de gestión del flujo vehicular con el objetivo de distribuir de manera más uniforme la circulación de vehículos, reducir la congestión y, como consecuencia, disminuir el nivel de presión acústica.
- Los resultados confirman que el flujo vehicular es un factor determinante en la generación de ruido ambiental en zonas de protección especial, siendo el tipo de vehículo una variable clave en dicha relación. En el caso de los vehículos livianos, se obtuvo una pendiente de regresión $\beta = 0.003$ ($p < 0.05$), lo que indica que un incremento en su flujo se asocia con un aumento moderado del nivel sonoro. Sin embargo, para los vehículos pesados, la pendiente fue significativamente mayor $\beta = 0.008$, ($p < 0.05$), evidenciando que su presencia genera un incremento más pronunciado del nivel de ruido ambiental. Esto nos indica que la contribución de los vehículos pesados al nivel sonoro es más de dos veces superior a la de los vehículos livianos, lo cual puede atribuirse a características

propias de este tipo de unidades, como mayor potencia del motor, sistemas de escape más ruidosos, mayor fricción neumático - calzada y, en muchos casos, condiciones de mantenimiento menos favorables. Ante este problema se podrían implementar medidas de gestión del tránsito orientadas a los vehículos pesados con el objetivo de reducir la concentración de estos vehículos en zonas de protección especial y así disminuir el ruido que afecta al entorno urbano.

- La relación estadística de correlación entre el ruido ambiental y el flujo vehicular fue determinada utilizando la relación de Pearson, a través de la cual se demostró que existe un alto grado de correlación entre estas dos variables. El valor estadístico obtenido demuestra que estas variables tienen una gran dependencia, lo cual indica que cuanto mayor sea la frecuencia de paso de vehículos, mayor será la energía sonora propagada en el entorno de las zonas de uso especial.

CAPÍTULO VII: PROPUESTA TÉCNICA

PROPUESTA TÉCNICA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL RUIDO VEHICULAR EN ZONAS DE USO ESPECIAL EN EL DISTRITO DE CUSCO

7.1.Introducción

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, se evidenció que los niveles de presión acústica registrados en los 20 puntos de monitoreo, ubicados en zonas de uso especial del distrito de Cusco, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para ruido establecidos en la normativa nacional. Esta situación representa un riesgo significativo para la salud y el bienestar de la población afectada donde el confort acústico es un requisito fundamental.

Ante esta situación, se plantea una propuesta técnica integral de mitigación de ruido vehicular, la cual se basa en tres niveles de intervención:

- Control en la fuente de emisión
- Control en el medio de propagación
- Protección del receptor

Este enfoque permite abordar el problema de manera sistemática, técnica y aplicable en el entorno urbano del distrito de Cusco.

7.2.Objetivo de la propuesta

Proponer medidas de mitigación del ruido vehicular para las zonas de uso especial del distrito de Cusco, con la finalidad de reducir los niveles de presión acústica y cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental para ruido.

7.3.Fundamentos técnicos y normativos

La propuesta se sustenta en los siguientes instrumentos normativos y técnicos:

- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM – Estándares de Calidad Ambiental para Ruido.
- Ordenanza Municipal N° 046-2008-MPC
- Principios de la ingeniería acústica urbana y la ingeniería de tránsito

7.4.Propuesta de control en la fuente de emisión

7.4.1. Gestión de flujo vehicular

Se propone la implementación de medidas de gestión del tránsito con el fin de reducir la congestión vehicular en las inmediaciones de las zonas de uso especial. Estas medidas incluyen:

- Optimización de la sincronización de semáforos
- Implementación de rutas alternas para desviar el tráfico
- Control en intersecciones críticas

La reducción de la congestión vehicular permite disminuir los niveles de ruido generado por las maniobras de aceleración y desaceleración, así como el uso constante de claxon por parte de los conductores.

7.4.2. Restricción de vehículos pesados

Se propone la implementación de restricciones para la circulación de vehículos pesados en las vías adyacentes a zonas de uso especial a través de:

- Establecimiento de horarios restringidos de circulación
- Implementación de señalización vertical de prohibición

- Definición de rutas alternas para transporte pesado

Esta medida es necesaria debido a que los vehículos pesados generan niveles de ruido significativamente mayores debido a que su motor tiene una mayor potencia, además, su paso produce vibraciones estructurales.

7.4.3. Regulación de velocidad vehicular

Se propone la reducción de la velocidad vehicular en zonas de uso especial mediante:

- Señalización vertical y horizontal
- Instalación de reductores de velocidad
- Fiscalización del cumplimiento de límites

La reducción de la velocidad vehicular ayuda a disminuir el ruido de rodadura generado por la fricción entre las llantas del vehículo y la superficie de la vía., pudiendo lograr reducciones entre 2 a 5 dB según (Ticse Sotomayor, 2019).

7.5.Propuesta de control en el medio de propagación

7.5.1. Implementación de pavimentos fonoabsorbentes

Se propone el uso de mezclas asfálticas porosas o fonoabsorbentes en tramos críticos identificados en los puntos de monitoreo con mayores niveles de presión acústica.

Este tipo de pavimento permite:

- Absorber parte de la energía sonora
- Reducir el ruido generado por el contacto neumático-pavimento

La reducción de ruido estimado, según (Li et al., 2025), oscila entre los 3 y 5 dB.

7.5.2. Instalación de barreras acústicas

Se propone instalar barreras acústicas en los puntos donde las zonas de protección especial se encuentran directamente expuestas al flujo vehicular. Estas pueden ser:

- Muros de barrera
- Paneles acústicos prefabricados
- Barreras vegetales densas

Las barreras acústicas, según (*Highway Traffic Noise*, 2011), pueden reducir el nivel de ruido entre 5 y 15 dB dependiendo de su diseño, ubicación y tipo de material.

7.6.Propuesta de protección del receptor

7.6.1. Aislamiento acústico en edificaciones sensibles

Se propone implementar medidas de aislamiento en las edificaciones de uso especial, como son las instituciones educativas y centros de salud, las cuales requieren condiciones acústicas controladas. Estas incluyen:

- Instalación de ventanas antiacústicas
- Muros antiacústicos
- Sellado de juntas, fisuras y vanos en puertas y ventanas

Estas soluciones permiten reducir significativamente el nivel de ruido, alcanzando disminuciones de hasta 10 dB según (Licciardo Mansilla, 2021).

7.7.Evaluación de la efectividad de la propuesta

Se evaluará la aplicación combinada de las medidas propuestas, lo cual nos permitirá estimar las reducciones acumulativas del nivel de presión sonora.

A continuación, la siguiente tabla representa las medidas que se deben implementar en cada punto según el nivel de ruido que generan, de tal manera que al disminuir el ruido estos puedan cumplir con los límites máximos permisivos. Se debe aclarar que, para los valores de reducción de ruido en decibelios asociados a cada propuesta, se consideró el promedio de los rangos establecidos, de esta forma se tiene:

- RV: Regulación de velocidad vehicular = 3.5 dB
- PF: Implementación de pavimentos fonoabsorbentes = 4 dB
- BA: Instalación de barreras acústicas = 10 dB
- AAE: Aislamiento acústico en edificaciones sensibles = 10 dB

Tabla 51

Evaluación de la efectividad de la propuesta

PUNTO	RUIDO VEHICULAR (dB)	PROPUESTA RECOMENDADA	VALORES DE REDUCCIÓN DE RUIDO (dB)	RUIDO VEHICULAR REDUCIDO (dB)	CUMPLE ECA (≤ 50 dB)
PC-1	77.66	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	50.16	NO
PC-2	75.32	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	47.82	SI
PC-3	69.72	BA + AAE	$10 + 10 = 20$	49.72	SI
PC-4	78.34	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	50.84	NO
PC-5	76.51	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	49.01	SI
PC-6	75.30	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	47.80	SI
PC-7	71.01	RV + BA + AAE	$3.5 + 10 + 10 = 23.50$	47.51	SI
PC-8	76.49	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	48.99	SI
PC-9	75.34	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	47.84	SI
PC-10	70.18	RV + BA + AAE	$3.5 + 10 + 10 = 23.50$	46.68	SI
PC-11	79.04	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	51.54	NO
PC-12	74.32	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	46.82	SI
PC-13	75.28	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	47.78	SI
PC-14	72.48	RV + BA + AAE	$3.5 + 10 + 10 = 23.50$	48.98	SI
PC-15	72.07	RV + BA + AAE	$3.5 + 10 + 10 = 23.50$	48.57	SI
PC-16	72.82	RV + BA + AAE	$3.5 + 10 + 10 = 23.50$	49.32	SI
PC-17	73.75	PF + BA + AAE	$4 + 10 + 10 = 24$	49.75	SI
PC-18	70.80	RV + BA + AAE	$3.5 + 10 + 10 = 23.50$	47.30	SI
PC-19	76.43	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	48.93	SI
PC-20	76.08	RV + PF + BA + AAE	$3.5 + 4 + 10 + 10 = 27.50$	48.58	SI

Nota. Fuente: Elaboración propia

Como se pudo notar, estas reducciones permiten que los niveles de ruido se aproximen o cumplan con los estándares establecidos en los ECA, mejorando significativamente la calidad acústica en zonas de uso especial.

7.8.Viabilidad técnica y económica

Las medidas propuestas presentan una alta viabilidad técnica, ya que utilizan tecnologías disponibles en el país y no requieren modificaciones estructurales complejas. Asimismo, su implementación puede realizarse de manera progresiva, priorizando los puntos críticos identificados en la investigación.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- La relación entre el flujo vehicular y el nivel de presión acústica es directa y positiva, lo que respalda la hipótesis de investigación (H_1). A pesar de que existe cierta dispersión en los valores medidos, la tendencia lineal observada muestra que el incremento en la cantidad de vehículos contribuye de manera significativa al aumento del ruido ambiental en las zonas de uso especial del distrito de Cusco, donde la sensibilidad acústica es elevada.
- Luego de realizar el análisis inferencial mediante pruebas de hipótesis, se determinó que los niveles de ruido obtenidos son considerablemente altos y superan los valores de los límites permisibles establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido (50 dB en horario diurno) para zonas de uso especial, dado que los p-valores obtenidos fueron menores a 0.05 en todos los casos. Esto permite rechazar la hipótesis nula (H_0) y afirmar que los niveles de presión sonora en cada turno exceden los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental vigente, evidenciando una exposición constante al ruido urbano.
- El test de Kruskal–Wallis evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas en el flujo vehicular entre los distintos puntos de monitoreo ($p < 0.05$), lo que indica que la ubicación geográfica influye directamente en la cantidad de vehículos registrados. Asimismo, el análisis por turno ($p \approx 0.04$) confirma que el flujo vehicular varía de manera significativa a lo largo del día, lo cual afecta directamente en la variabilidad del ruido ambiental entre los diferentes periodos horarios.

- La presencia de un mayor porcentaje de vehículos pesados dentro del flujo vehicular incrementa de manera significativa el nivel de presión acústica en las zonas de uso especial evaluadas, presentando una contribución al ruido ambiental más de dos veces superior a la de los vehículos livianos ($\beta = 0.008$ frente a $\beta = 0.003$), lo que confirma que la composición del tránsito es un factor determinante en la generación de ruido urbano.
- El valor de $p = 3.597 \times 10^{-9}$ (< 0.05) obtenido en la prueba de correlación de Pearson demuestra que existe una probabilidad extremadamente baja de que la relación observada sea producto del azar. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta que la correlación entre el flujo vehicular y el nivel de presión acústica es estadísticamente significativa. Este resultado confirma de manera empírica que el tránsito vehicular es uno de los principales factores determinantes del incremento del ruido ambiental en el distrito de Cusco durante el año 2025.

8.2.Recomendaciones

- Se sugiere investigar de manera específica factores como el tipo de pavimento, velocidad promedio, pendiente de la vía y ancho de la vía para profundizar en el estudio de la relación entre el flujo vehicular y la presión acústica.
- Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar la base de datos y el número de puntos de monitoreo. Esto permitirá realizar un análisis estadístico más preciso, reduciendo la variabilidad espacial y obteniendo un mapa de ruido más representativo del distrito de Cusco.
- Para tener mayor precisión en el conteo vehicular, se sugiere hacerlo utilizando una cámara de video o un equipo LIDAR, los cuales nos permitirán obtener no solo el conteo del número de vehículos, sino también su tipo y la velocidad a la que circulan.

- Para futuros estudios, se recomienda realizar mediciones de nivel de presión acústica y conteo del flujo vehicular en horarios distintos a las horas punta, con el fin de determinar si la contribución de los vehículos pesados al incremento del ruido se debe únicamente a su circulación en horas de mayor tránsito o si, independientemente del horario, generan niveles similares de presión acústica.
- Se recomienda realizar mediciones en diferentes periodos del año para poder evaluar como las variaciones estacionales y horarias afectan la correlación entre la presión acústica y el flujo vehicular, esto con el fin de caracterizar patrones de ruido dinámico y establecer inérvalos de máxima exposición sonora, lo cual permitirá mejorar la interpretación temporal del ruido.

BIBLIOGRAFIA

Ambiente, P. M. del. (2014). *Protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental*.

<http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/96>

Avilés López Rodrigo, Perera Martín Rocío. (2017). *Manual de acústica ambiental y arquitectónica*:

Autor(es) RODRIGO AVILÉS LÓPEZ, ROCÍO PERERA MARTÍN : Paraninfo.es: Libros: ISBN

9788428338141. <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428338141/manual-de-acustica-ambiental-y-arquitectonica>

Bartí Domingo, Robert. (2010). Acústica medioambiental. Vol. I. *Editorial Club Universitario*.

<https://www.editorialecu.com/producto/acustica-medioambiental-vol-i/>

Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). *GUÍAS PARA EL RUIDO URBANO*.

Comisión Europea. (2003). *Recomendación de la Comisión, de 6 de agosto de 2003, relativa a las*

Orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales revisados para el ruido industrial, procedente de aeronaves, del tráfico rodado y ferroviario, y los datos de emisiones correspondientes [notificada con el número C(2003) 2807] .

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2003-81404>

Conceptos básicos del ruido ambiental. (s. f.). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto

Demográfico. Recuperado 26 de septiembre de 2025, de

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/contaminacion-acustica/conceptos-basicos-ruido-ambiental.html>

DECRETO SUPREMO. (2003). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*.

Dintrans Silva, Alejandro. (2008). *Proposición de Planificación para la Gestión del Ruido de Tráfico*

Vehicular en Santiago, Chile.

Echazarreta, F. S. (1987). *RUIDO DE TRÁFICO:CARRETERAS*.

Fernández, R. (2000). *La ciudad verde: Teoría de la gestión ambiental urbana*. Espacio.

- Figueras García, M. (2017). *Estudio de acondicionamiento acústico de las aulas especiales I y II de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidad de A Coruña*.
<http://hdl.handle.net/2183/18216>
- Guzmán Freire, S. A. (2019). *Estrategias para el Acondicionamiento Acústico Interior*. [bachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9082>
- Harris, C. M. (1995). *Manual de medidas acústicas y control del ruido* (3ª ed.). McGraw-Hill.
- Highway Traffic Noise: Analysis and Abatement Guidance* (FHWA-HEP-10-025). (2011).
<https://trid.trb.org/View/1212725>
- Hurtado de Barrera, Jacqueline. (2000). *Metodología de la Investigación Holística* (Fundación Sygal).
<https://ayudacontextos.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrera-metodologia-de-investigacion-holistica.pdf>
- Illowsky, B., & Dean, S. (2018). *Introductory Statistics. Open Access Textbooks*.
<https://commons.erau.edu/oer-textbook/6>
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP-ISO 1996-2: Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental*.
- Li, H., Wang, L., Han, Y., Zhang, X., Zhang, H., & Chen, L. (2025). Acoustic properties and durability of porous low-noise pavement solutions to improve acoustic environment: A critical literature review. *International Journal of Transportation Science and Technology*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2025.06.011>
- Licciardo Mansilla, C. I. (2021). *Estudio del comportamiento acústico de elementos de fachada*.
<https://doi.org/10.58011/ghmx-2r80>
- Martín Domingo, A. (2014). *Apuntes de Acústica*. E.T.S. Arquitectura (UPM). <https://oa.upm.es/23098/>
- Martínez Llorente, J., & Peters, J. (2013). *Contaminación acústica y ruido*. Ecologistas en Acción.

Millán Castillo, Roberto San. (2013). *Tema 7: Propagación Sonora en el Exterior*.

https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/210607125841-RSMC%20-%20TEMA%207_URJC_PropagacionIA1_dic_2013.pdf

MINAM. (2013). *PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL*.

Ministerio del Ambiente. (2013). *Resolución Ministerial N.° 227-2013-MINAM*.

<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/274700-227-2013->

Miyara Federico. (1999). *ACÚSTICA Y SISTEMAS DE SONIDO*.

<https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/libro.htm>

Navarro, J. M. (2010). *Manual de la asignatura Acústica Arquitectónica*.

<https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/9656>

Oefa, O. de E. y F. A.-. (2016). *La contaminación sonora en Lima y Callao*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12788/64>

PERU, A. G. G. (2025). *Mapa de Calles—Todo el Perú (Shapefile) GRATIS*.

<https://www.geogpsperu.com/2020/06/mapa-de-calles-todo-el-peru-shapefile.html>

Pomachagua Vélchez, J. Y. V., & Prudencio Felix, F. A. (2023). *Evaluación de los niveles de contaminación sonora y flujo vehicular en zonas de protección especial, Ate – Lima*.

<https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/5678d001-0eb2-481b-a4dd-1588ac8f610d>

Presidencia del Consejo de Ministros. (2003). *Decreto Supremo N.° 085-2003-PCM*.

<https://www.gob.pe/institucion/pcm/normas-legales/3115975-085-2003-pcm>

Redonda Fernández, M. (2013). *Acústica aplicada a la edificación: Evolución histórica desde la Antigüedad hasta su actual integración en los procesos constructivos*.

<http://hdl.handle.net/2183/10113>

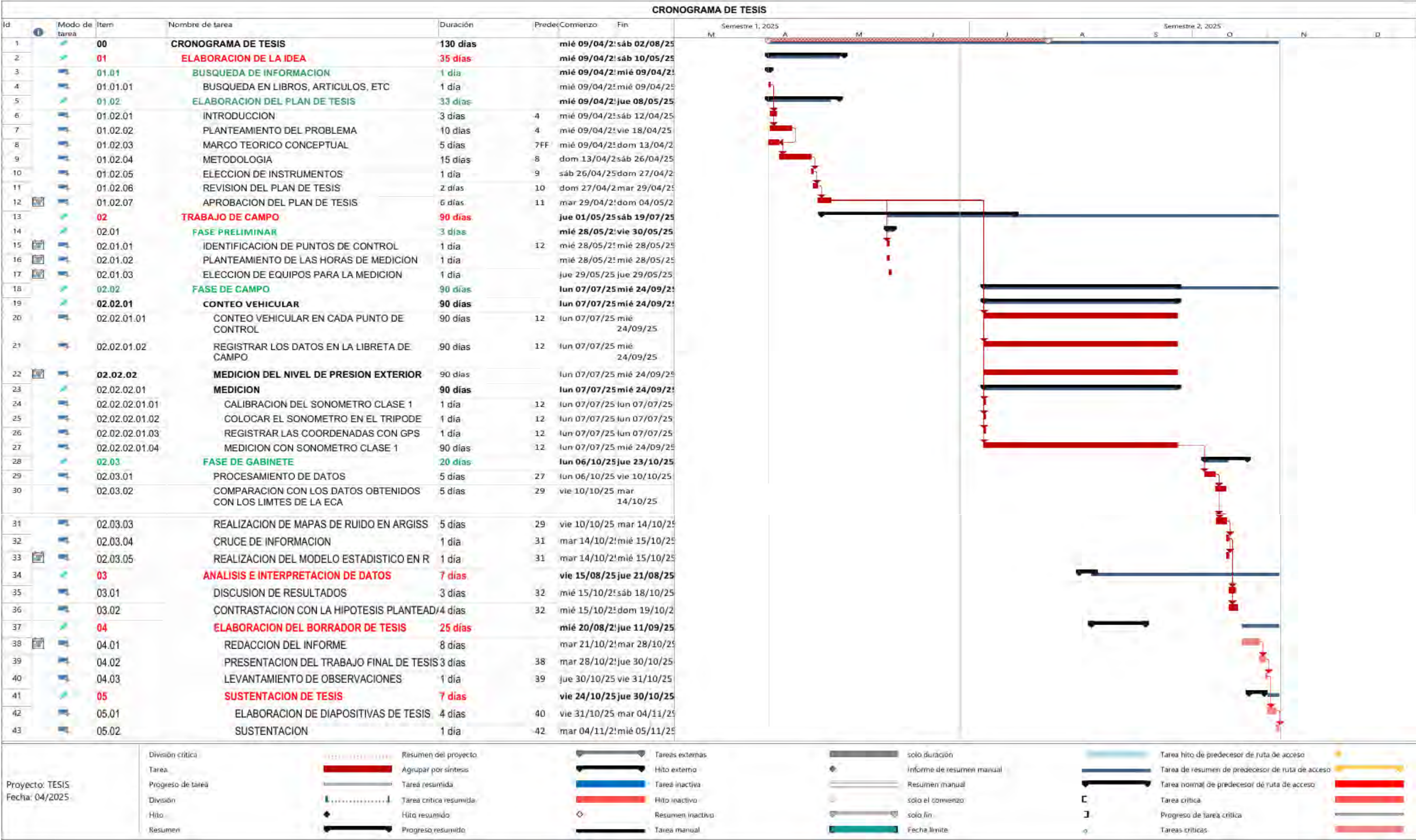
Rivas Kubler. (2019). *Acústica para Arquitectos. ArchDaily Perú*.

<https://www.archdaily.pe/pe/920156/acustica-para-arquitectos>

- Sancho Vendrel, J., Llinares Galiana, J., & Llopis Reyna, A. (1996). *Acústica arquitectónica y urbanística*. edUPV, Editorial Universitat Politècnica de València.
- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=125588>
- Soto Molina, I. (2024). *Introducción al ruido ambiental. Conceptos y fundamentos básicos*. Revista *Ingeniería Civil (CEDEX)*.
- Ticse Sotomayor, Rudy Milagros. (2019). *Diseño de un sistema urbano reductor de ruido por tráfico en la Universidad Continental* [Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/item/c683177f-8ef1-4eaa-a41a-dacad85a871d>
- Uceda Rodríguez, M. (2017). *Evaluación de riesgos mediante la medición del nivel de exposición al ruido en una obra de construcción de un túnel de acuerdo con el r. D. 286/2006*.
- <http://hdl.handle.net/10953.1/5151>
- UNE-ISO 226:2013 *Acústica. Líneas isofónicas normales*. (s. f.). Recuperado 30 de septiembre de 2025, de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0051697>
- Valdés Moreno, B. (2015). *Identificación de lineamientos y minerales asociados a alteraciones hidrotermales en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México: Mediante imágenes satelitales landsat etm*. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000725160>

ANEXOS

A. CRONOGRAMA DE LA INVESTIGACIÓN TIPO DIAGRAMA DE GANTT



Nota. Elaboración propia en software Ms Project

B. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

Descripción	Cantidad	Unidad	Tiempo (meses)	Costo Unitario (S/.)	Costo Parcial (S/.)
1. Trámites administrativos					
1.1 Pagos por trámites para la investigación	2	Glb	1	S/ 434.00	S/ 868.00
2. Recursos humanos					
2.1 Mano de obra profesional (Ubicación y análisis)	2	Und	3	S/ 700.00	S/ 4,200.00
2.2 Colaboradores (asistentes en campo)	2	Glb	3	S/ 500.00	S/ 3,000.00
2.3 Especialista en SIG (consultoría puntual)	1	Und	1	S/ 400.00	S/ 400.00
3. Materiales y equipos					
3.1 Compra de sonómetro clase 1	1	Und	1	S/ 1,800.00	S/ 1,800.00
3.2 Calibrador acústico	1	Und	1	S/ 650.00	S/ 650.00
3.3 Pantalla anti viento	1	Und	1	S/ 60.00	S/ 60.00
3.4 GPS portatil	1	Und	1	S/ 520.00	S/ 520.00
3.5 Trípode para sonómetro	1	Und	1	S/ 220.00	S/ 220.00
3.6 Cuaderno de campo	2	Und	1	S/ 10.00	S/ 20.00
3.7 Impresiones y planos a color	5	Glb	1	S/ 60.00	S/ 300.00
3.8 Licencia de ArcGIS (mensual)	1	Und	1	S/ 200.00	S/ 200.00
3.9 Pendrive o disco externo para respaldo	1	Und	1	S/ 100.00	S/ 100.00
3.10 Pilas, lápices, marcadores	1	Glb	1	S/ 30.00	S/ 30.00
3.11 Empastado de tesis (3 copias)	3	Und	1	S/ 200.00	S/ 600.00
4. Servicios					
4.1 Movilidad (transporte urbano – 20 puntos de muestreo)	40	Glb	3	S/ 15.00	S/ 1,800.00
4.2 Viáticos (refrigerio durante toma de datos)	2	Glb	3	S/ 10.00	S/ 60.00
4.3 Internet (uso por 5 meses para análisis SIG y redacción)	2	Glb	5	S/ 30.00	S/ 300.00
PRESUPUESTO TOTAL:					S/ 15,128.00

Nota. Elaboración propia

C. MATRIZ DE CONSISTENCIA

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA Y SU RELACIÓN CON EL FLUJO VEHICULAR EN ZONAS DE USO ESPECIAL EN EL DISTRITO DE CUSCO, 2025						
NIVEL	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACIÓN
General	¿Cuál es la relación existente entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?	Determinar la relación existente entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	La relación existente entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial en el distrito de Cusco, durante el año 2025, es directa	<u>Variable Dependiente:</u> Niveles de presión acústica <u>Variable independiente:</u> Flujo vehicular	<u>Tipo:</u> Cuantitativa y aplicada <u>Nivel:</u> Correlacional <u>Diseño:</u> No experimental transversal	<u>Área de estudio:</u> Zonas de uso especial del distrito del Cusco <u>Muestra:</u> Por conveniencia
Específico 1	¿Cuáles son los niveles de presión acústica en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?	Medir los niveles de presión acústica por periodos horarios en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	Los niveles de presión acústica en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, son considerablemente altos y superan los límites permisibles establecidos en los ECA			
Específico 2	¿Cuál es el flujo vehicular, en términos de volumen y clasificación vehicular, en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?	Cuantificar el flujo vehicular, en términos de volumen y clasificación vehicular, por periodos horarios en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	El flujo vehicular cuantificado en términos de volumen y clasificación vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, varía según el horario y la ubicación del punto de evaluación			
Específico 3	¿Cómo varía el ruido según el flujo y la composición vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?	Analizar la variación del ruido según el flujo y la composición vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	La variación del ruido según el flujo y composición vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, se incrementa con el aumento de la proporción de vehículos pesados			
Específico 4	¿Existe una relación estadística correlacional entre la presión sonora y el flujo de vehículos en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025?	Establecer la relación estadística, mediante análisis correlacional, entre los niveles de presión sonora y el flujo de vehículos en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	La relación estadística establecida mediante análisis correlacional entre los niveles de presión sonora y el flujo de vehículos en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025, es significativa			

D. MATRIZ DE INSTRUMENTOS

OBJETIVO ESPECÍFICO	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Determinar la relación existente entre los niveles de presión acústica y el flujo vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	Nivel de presión acústica y flujo vehicular	-	-	Análisis estadístico	Excel, Software R	-
Medir los niveles de presión acústica por periodos horarios en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	<u>Variable dependiente</u> Nivel de presión acústica	Parámetros acústicos	- LAeqT - L _{máx} - L _{min}	Medición in-situ	Sonómetro clase 1 y libreta de campo	Escala de razón (dB)
Cuantificar el flujo vehicular, en términos de volumen y clasificación vehicular, por periodos horarios en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	<u>Variable independiente</u> Flujo vehicular	- Volumen vehicular - Tipo de vehículo	- Número de vehículos - Duración del conteo - Ligero - Pesado	- Observación (conteo manual) - Observación directa	Libreta de campo	- Escala de razón (Número) - Escala nominal (Tipo)
Analizar la variación del ruido según el flujo y la composición vehicular en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025.	Nivel de presión acústica y flujo vehicular	-	-	Análisis estadístico	Excel, Software R	-
Establecer la relación estadística, mediante análisis correlacional, entre los niveles de presión sonora y el flujo de vehículos en zonas de uso especial del distrito de Cusco, durante el año 2025	Nivel de presión acústica y flujo vehicular	-	-	Análisis estadístico	Excel, Software R	-

E. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 52

Formato de registro para monitoreo de niveles de presión acústica



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



FICHA DE REGISTRO DE MONITOREO DE LA PRESIÓN ACÚSTICA

UBICACIÓN:

COORDENADAS:

CÓDIGO:

FECHA	Medición Turno Mañana				Medición Turno Tarde				Medición Turno Noche			
	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT	Hora	Lmín	Lmáx	LAeqT
	PROMEDIO				PROMEDIO				PROMEDIO			

Observaciones:

Nota. Elaboración propia

Tabla 53

Formato de libreta de campo para conteo y clasificación de flujo vehicular

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR	
UBICACIÓN:	FECHA:
CÓDIGO:	TURNO:
COORDENADAS:	HORARIO DE CONTEO:

CATEGORIA		CANTIDAD	TOTAL
L3: Motocicletas			
M1: Autos			
M2: Microbuses			
M3: Omnibuses			
N1: Camionetas			
N2: Furgonetas/camiones			
N3: Carga pesada			
O1: Remolque pequeño			
O2: Remolque mediano			
O3: Remolque/semiremolque grande			
O4: Remolque/semiremolque pesado			
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados			

Observaciones:

Responsable:

Nota. Elaboración propia

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-1

Resposable: Julio Gregory Márquez Calloquispe
Jean Deyvis Sallo Tito

252 | P á g i n a

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-2

Responsable: Julio Gregory Márquez Calloquispe
Jean Deyvis Salto Tito

253 | P á g i n a

Figura 165

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR		
UBICACIÓN: UTEA Collasuyo		FECHA: 24/07/25
CÓDIGO: PC-3		TURNO: Noche
COORDENADAS: 180377.91 - 8503296.65		HORARIO DE CONTEO:

CATEGORIA		CANTIDAD	TOTAL
L3: Motocicletas		3,1,2,3,1,5,3,1,1,2,1,1,1	25
M1: Autos		50,50,25,50,25,50,50,50,50,50,50,50,26,25,50,50,50,50	851
M2: Microbuses		2,4,3,1,2,1,1,3,2	19
M3: Omnibuses		3,4,3,1,5,2,1,1,5,3,2,2,3,4,6,5,1,2,1,1	55
N1: Camionetas		2,5,3,1,5,2,3,1,1,3,5	31
N2: Furgonetas/camiones		2,2,5,3,1,2,1,2,3,1,1,3,5,2	33
N3: Carga pesada		1,1	2
O1: Remolque pequeño		2,1,1,2,3,2	11
O2: Remolque mediano			
O3: Remolque/semiremolque grande			
O4: Remolque/semiremolque pesado		1	1
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados			

Observaciones:

Responsable: Julio Gregory Márquez Galloquispe
Jean Deyvis Sallo Tito

Nota. Elaboración propia

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-4

Responsable: Julio Gregory Márquez Calloquispe
Jean Deyvis Salto Tito

255 | P á g i n a

Figura 167

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR		
UBICACIÓN: <u>UNSAAC</u>	FECHA: <u>29/07/25</u>	
CÓDIGO: <u>PC-5</u>	TURNO: <u>Mañana</u>	
COORDENADAS: <u>179511.159 - 853107.81</u>	HORARIO DE CONTEO:	

CATEGORIA		CANTIDAD	TOTAL
L3: Motocicletas		1,1,1,3,2,1,1,5,4,1,3,3,3,1,2,3 3,3,2,3,3,1,5,4,3,4	66
M1: Autos		50,50,100,100,50,50,75,25,100, 50,50,50,50,100,100,100,50,50,75, 25,100,100,100,50,50,100,75,25,25,27	1956
M2: Microbuses		1,2,1,2,3,5,3,2,1,5,3,2,4,1,5,1,2, 2,5,4,3,3,4,1,5,1,2,1,1,3,2	80
M3: Omnibuses		25,25,50,50,50,50,50,50,50,25, 75,40,50	590
N1: Camionetas		10,5,3,5,10,2,3,5,2,3,4,3,3, 6,4,5,4,1,1,2,1,1,5	88
N2: Furgonetas/camiones		5,3,2,8,2,1,4,5,3,3,3,1,4,5,6,4 3,2,3,1,1,1	70
N3: Carga pesada			
O1: Remolque pequeño		1,2,2,1,1,1,2,3	12
O2: Remolque mediano			
O3: Remolque/semiremolque grande			
O4: Remolque/semiremolque pesado			
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados			

Observaciones:

Responsable: Julio Gregory Márquez Calloquispe
Jean Deyvis Sallo Tito

Nota. Elaboración propia

Figura 168

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR			
UBICACIÓN: <i>Academia Pre Universitaria Pardo</i>		FECHA: <i>29/07/25</i>	
CÓDIGO: <i>PC-6</i>		TURNO: <i>Noche</i>	
COORDENADAS:		HORARIO DE CONTEO:	
CATEGORIA		CANTIDAD	TOTAL
L3: Motocicletas		<i>5,4,1,3,4,3,4,3,53,3,2,3,1,1,3,2,1,5</i>	<i>59</i>
M1: Autos		<i>50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,50,25,20</i>	<i>845</i>
M2: Microbuses		<i>3,2,5,4,3,3,1</i>	<i>21</i>
M3: Omnibuses		<i>5,7,3,5,4,1,3,2,1</i>	<i>55</i>
N1: Camionetas		<i>1,3,1,5,4,3,3,1</i>	<i>21</i>
N2: Furgonetas/camiones		<i>1,2,4,3,5,3,1,1,1,2</i>	<i>23</i>
N3: Carga pesada		<i>3,1,1,1,1</i>	<i>7</i>
O1: Remolque pequeño		<i>1,2,1,1</i>	<i>5</i>
O2: Remolque mediano			
O3: Remolque/semiremolque grande		<i>1</i>	<i>1</i>
O4: Remolque/semiremolque pesado		<i>1,1,1</i>	<i>3</i>
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados			
Observaciones:			

Responsable: *Julio Gregory Márquez Calloquispe*
Jean Deyvis Salto Tito

Nota. Elaboración propia

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-7

Responsable: Julio Gregory Márquez Calloquispe
Jean Deyvis Sallo Tito

258 | P á g i n a

Figura 170

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR		
UBICACIÓN: I.E. Inca Garcilaso de la Vega		FECHA: 04/08/25
CÓDIGO: PC-8		TURNO: Tarde
COORDENADAS: 178848.595 - 8503306.42		HORARIO DE CONTEO:
CATEGORIA		CANTIDAD
L3: Motocicletas		1, 1, 2, 1, 4, 5, 3, 3, 3, 1, 4, 1, 5, 6, 4, 3, 3, 4, 3, 3, 3, 1, 3, 3, 3, 1, 3, 1
M1: Autos		50, 50, 50, 50, 20, 30, 50, 50, 50, 50, 100, 100, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 100, 100, 100, 100, 75, 25, 50, 50, 100, 100, 100, 100, 75, 25, 18, 10
M2: Microbuses		3, 13, 3, 1, 4, 1, 5, 3, 3, 3, 1, 4, 6, 5, 3, 2, 3, 3, 3, 1, 4, 6, 3, 4, 3, 1, 1
M3: Omnibuses		50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 25, 15, 10, 1
N1: Camionetas		1, 5, 3, 1, 3, 3, 3, 1, 4, 5, 1, 4, 6, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 1, 1, 2
N2: Furgonetas/camiones		1, 1, 3, 5, 1, 1, 1, 5, 2, 4, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 2, 2, 2
N3: Carga pesada		1, 1, 1, 1
O1: Remolque pequeño		
O2: Remolque mediano		
O3: Remolque/semiremolque grande		
O4: Remolque/semiremolque pesado		
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados		
Observaciones:		

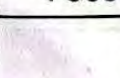
Resposable: Julio Gregory Marquez Galloquispe
Jean Deyvis Sallo Tito

Nota. Elaboración propia

Figura 171

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-9

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR			
UBICACIÓN: <u>Estación Matto de Turner</u>		FECHA: <u>12/08/23</u>	
CÓDIGO: <u>PC-9</u>		TURNO: <u>Tarde</u>	
COORDENADAS: <u>178563.175 - 8503366.93</u>		HORARIO DE CONTEO:	

CATEGORIA	CANTIDAD	TOTAL
L3: Motocicletas 	20, 20, 20, 6	66
M1: Autos 	50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 100, 200, 500, 500, 100	2100
M2: Microbuses 	20, 20, 20, 20, 6	86
M3: Omnibuses 	50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 20, 4	624
N1: Camionetas 	20, 20, 20, 10, 6	76
N2: Furgonetas/camiones 	20, 20, 20, 8	68
N3: Carga pesada 	3	3
O1: Remolque pequeño 	1	1
O2: Remolque mediano 		
O3: Remolque/semiremolque grande 		
O4: Remolque/semiremolque pesado 		
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados		

Observaciones:

Resposable: Julio Gregory Marquez Calloquispe
Jean Deyvis Sallo Tito

Nota. Elaboración propia

Figura 172

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR		
UBICACIÓN: <u>I.E. Divino Maestro</u>		FECHA: <u>15/08/25</u>
CÓDIGO: <u>PC-10</u>		TURNO: <u>Mañana</u>
COORDENADAS: <u>178195.848 -8503774.36</u>		HORARIO DE CONTEO:

CATEGORIA	CANTIDAD	TOTAL
L3: Motocicletas	20, 4	24
M1: Autos	50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 40, 4	644
M2: Microbuses	50, 50, 50, 10	160
M3: Omnibuses	20, 20, 20, 4	64
N1: Camionetas	20, 20, 20, 4	64
N2: Furgonetas/camiones		
N3: Carga pesada		
O1: Remolque pequeño		
O2: Remolque mediano		
O3: Remolque/semiremolque grande		
O4: Remolque/semiremolque pesado		
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados		

Observaciones:

Responsable: Julio Gregorio Marquez Calloquispe
Jean Deyvis Sallo Ttito

Nota. Elaboración propia

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-11

Responsible: Julio Gregory Márquez Calloquispe
Jean Deyvis Sallo Tito

262 | P á g i n a

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-12

Responsable: Julio Gregory Martínez Calloguispe
Jean Deyvis Salto Tito

263 | P á g i n a

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-13

Responsable: Julio Gregory Marquez Galloquispe
Jean Deyus Salto Tito

264 | P á g i n a

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-14

Responsable: Julio Gregorio Marquez Galloquispe
Jean Perys Sallo Tito

265 | P á g i n a

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-15

Responsable: Julio Gregory Marquez Calloquspe
Jean Deyvis Sallo Tito

266 | P á g i n a

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-16

Responsible: Julio Gregory Marguez Gallegospe
Jean Peyrus Salla Tito

267 | P á g i n a

Figura 179

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-17

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR		
UBICACIÓN: <i>The kids House una Jardín</i>		FECHA: <i>10/09/25</i>
CÓDIGO: <i>PC-17</i>		TURNO: <i>Mañana</i>
COORDENADAS: <i>1760.39.835 - 85 02946.37</i>		HORARIO DE CONTEO:

CATEGORIA		CANTIDAD	TOTAL
L3: Motocicletas		50, 20, 5	75
M1: Autos		50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 20, 9	679
M2: Microbuses		50, 10, 7	67
M3: Omnibuses		50, 50, 50, 50, 50, 10, 9	269
N1: Camionetas		50, 3	53
N2: Furgonetas/camiones		50, 20, 3	73
N3: Carga pesada		5	5
O1: Remolque pequeño		10, 7	17
O2: Remolque mediano		3	3
O3: Remolque/semiremolque grande			
O4: Remolque/semiremolque pesado		1	1
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados			

Observaciones:

Responsable: *Julio Gregory Marquez Calloguajre*
Jean Deyvis Sallo Tito

Nota. Elaboración propia

Figura 180

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-18

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
FICHA DE REGISTRO DE CONTEO DE FLUJO VEHICULAR		
UBICACIÓN: IE Emblemática Simón Bolívar		FECHA: 08/06/25
CÓDIGO: PC-18		TURNO: Mañana
COORDENADAS: 176140.227 - 8503451.88		HORARIO DE CONTEO:

CATEGORIA		CANTIDAD	TOTAL
L3: Motocicletas		50	50
M1: Autos		50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 50, 4	504
M2: Microbuses		50, 50, 30	130
M3: Omnibuses		50, 50, 50, 50, 50, 10, 2	262
N1: Camionetas		50, 8	58
N2: Furgonetas/camiones		50, 6	56
N3: Carga pesada			
O1: Remolque pequeño			
O2: Remolque mediano			
O3: Remolque/semiremolque grande			
O4: Remolque/semiremolque pesado			
Vehículos Especiales: ambulancias, bomberos, funerarios, blindados			

Observaciones:

Responsable: Julio Gregory Márquez Calloquirope
Jean Deyvis Sallo Tito

Nota. Elaboración propia

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-19

Responsable: Julio Gregory Marquez Calloguspe
Jean Deyvis Sallo Tito

270 | P á g i n a

Apuntes de las hojas de campo de conteo y clasificación de flujo vehicular PC-20

Responsable: Julio Gregory Marquez Galloquispe
Jean Deyvis Salto Tito

271 | P á g i n a

F. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



Página 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SGTF - 0142 - 2025

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Orden de Trabajo | - V5-1127-25 |
| 2. Solicitante | - JEAN DEYVIS SALLO TTITO |
| 3. Dirección | - C.C fortaleza sacsayhuaman-Cusco |
| 4. Instrumento de medición | - SONÓMETRO |
| Tipo de indicación | - Digital |
| Intervalo de indicación | - 29 dB a 131 dB |
| Resolución | - 0,1 dB |
| Marca / Fabricante | - BSWA TECH |
| Modelo | - BSWA 308 |
| Número de serie | - NE-19350 (*) |
| Clase | - 1 |
| Código de identificación | - NO INDICA |
| Ubicación | - NO INDICA |
| Procedencia | - CHINA |
| 5. Fecha de Calibración | - 2025-07-07 |
| 6. Fecha de Emisión | - 2025-07-09 |
| 7. Lugar de Calibración | - Instalaciones de SG NORTEC S.A.C. - Laboratorio de Tiempo y Frecuencia. |

8. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa, tomando como referencia la Norma Metroológica Peruana NMP - 011, Primera Ed. 2007 "Electroacústica. Sonómetros. Parte 3: Ensayos Periódicos".

9. Observaciones

(*) Dato indicado en el instrumento de medición.

La calibración se realizó con señal acústica bajo una frecuencia de 1000 Hz.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

SG NORTEC S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales e Internacionales, y está expresado en unidades de medida de acuerdo con el sistema internacional de Unidades (SI).

Los resultados del presente certificado solo son válidos para el ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Los resultados no deben utilizarse como un certificado de conformidad con normas de producto.

SG NORTEC S.A.C. es responsable de toda información suministrada en este certificado, excepto la información suministrada por el cliente, la cual será identificada.

SG NORTEC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del ítem calibrado, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración realizada.

La adulteración o uso indebido del presente certificado constituye un delito y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.

Ing. Andersson Mendoza Zuloeta
C.I.P. N° 245379
SUPERVISOR DE LABORATORIO

F80-P11.V2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SGTF - 0142 - 2025

10. Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Cert./Inf. Calibración
SVANTEK	LTF-005 Calibrador Acústico	59386

11. Resultados de la Calibración

Condiciones Ambientales	Inicio	Final
Temperatura	21.2 °C	21.3 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %



MODO DE MEDICIÓN: "SLOW" (S)

Ponderación "A"

INTENSIDAD SONORA DEL INSTRUMENTO	INTENSIDAD SONORA DEL PATRÓN	CORRECCIÓN OBTENIDA	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
93,9	94,0	0,1	0,3
108,0	108,0	0,0	0,3
114,0	114,0	0,0	0,3

Ponderación "C"

INTENSIDAD SONORA DEL INSTRUMENTO	INTENSIDAD SONORA DEL PATRÓN	CORRECCIÓN OBTENIDA	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
94,1	94,0	-0,1	0,3
108,1	108,0	-0,1	0,3
114,1	114,0	-0,1	0,3

MODO DE MEDICIÓN: "FAST" (F)

Ponderación "A"

INTENSIDAD SONORA DEL INSTRUMENTO	INTENSIDAD SONORA DEL PATRÓN	CORRECCIÓN OBTENIDA	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
93,9	94,0	0,1	0,3
107,9	108,0	0,1	0,3
113,9	114,0	0,1	0,3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SGTF - 0142 - 2025

Ponderación "C"

INTENSIDAD SONORA DEL INSTRUMENTO (dB)	INTENSIDAD SONORA DEL PATRÓN (dB)	CORRECCIÓN OBTENIDA (dB)	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (dB)
94,1	94,0	-0,1	0,3
108,2	108,0	-0,2	0,3
114,2	114,0	-0,2	0,3

12. Incertidumbre de medición

La Incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la Guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) Y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM)", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (**U**) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (**u**) por el Factor de Cobertura (**k**). Generalmente se expresa un factor **k=2** para un Nivel de Confianza de aproximadamente **95%**.

Fin del Certificado de Calibración



Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

SG NORMAS TECNICAS EMPLEADAS A LA CALIDAD S.A.C. – SG NORTEC S.A.C.¹

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Av. Ramón Castilla N° 154 Urb. Playa Rimac, distrito Callao, provincia Constitucional del Callao y departamento Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 09 de setiembre de 2022
Fecha de Vencimiento: 08 de setiembre de 2026

Firmado por:
AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU 20600283015 soft
Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Fecha: 2024-03-01 15:18:49

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora, Dirección de Acreditación – INACAL

Fecha de emisión: 01 de marzo de 2024



Cédula N° : 0343-2022-INACAL/DA
Adenda N°2 del Contrato N° 030-2014/INDECOPI-SNA
Contrato : N° 005-2024/INACAL-DA
Registro N° - LC - 003

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03

¹Inicio de actividades con la nueva razón social a partir del 22 de febrero de 2024

G. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 183

Medición de ruido en PC-1



Nota. Elaboración propia

Figura 184

Medición de ruido en PC-2



Nota. Elaboración propia

Figura 185

Medición de ruido en PC-3



Nota. Elaboración propia

Figura 186

Medición de ruido en PC-4



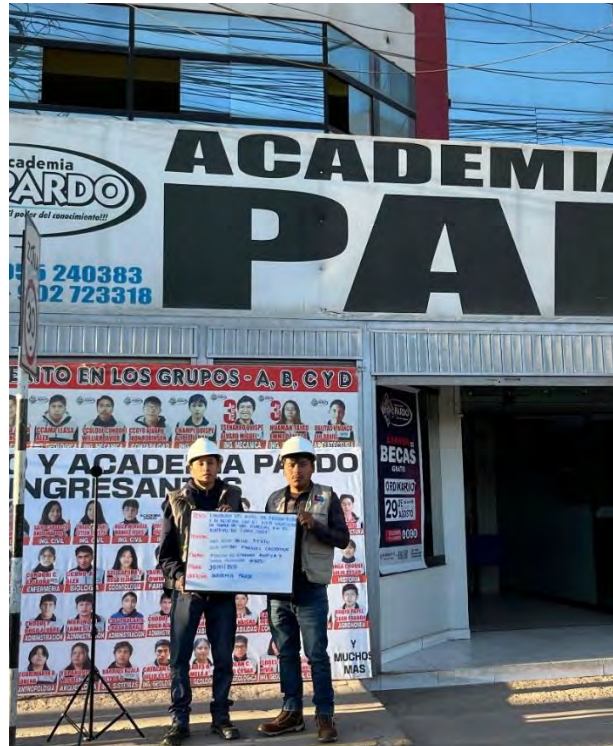
Nota. Elaboración propia

Figura 187 Medición de ruido en PC-5
Medición de ruido en PC-5



Nota. Elaboración propia

Figura 188
Medición de ruido en PC-6



Nota. Elaboración propia

Figura 189
Medición de ruido en PC-7



Nota. Elaboración propia

Figura 190
Medición de ruido en PC-8



Nota. Elaboración propia

Figura 191

Medición de ruido en PC-9



Nota. Elaboración propia

Figura 192

Medición de ruido en PC-10



Nota. Elaboración propia

Figura 193

Medición de ruido en PC-11



Nota. Elaboración propia

Figura 194

Medición de ruido en PC-12



Nota. Elaboración propia

Figura 195
Medición de ruido en PC-13



Nota. Elaboración propia

Figura 196
Medición de ruido en PC-14



Nota. Elaboración propia

Figura 197
Medición de ruido en PC-15



Nota. Elaboración propia

Figura 198
Medición de ruido en PC-16



Nota. Elaboración propia

Figura 199
Medición de ruido en PC-17



Nota. Elaboración propia

Figura 200
Medición de ruido en PC-18



Nota. Elaboración propia

Figura 201
Medición de ruido en PC-19



Nota. Elaboración propia

Figura 202
Medición de ruido en PC-20



Nota. Elaboración propia

